



TUGAS AKHIR - RE 141581

Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kabupaten Pasuruan Dengan Metode Lahan Urug Saniter

REIHAN MAULANA
0321144000073

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH
(TPA) SAMPAH KABUPATEN PASURUAN DENGAN
METODE LAHAN URUG SANITER

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
REIHAN MAULANA
NRP 03211440000073

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. ELLINA SITEPU PANDEBESIE, M.T.
NIP 19560204 199203 2 001



Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa : Reihan Maulana
NRP : 03211440000073
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.

ABSTRAK

TPA Kenep di Kabupaten Pasuruan masih memakai sistem *open dumping* meski sebagian lahan dari TPA ini sudah memakai *controlled landfill*. TPA Kenep memerlukan lahan untuk dijadikan TPA karena TPA yang sudah ada tidak dapat lagi menampung kapasitas sampah yang semakin hari semakin banyak. Sesuai dengan peraturan, TPA di Indonesia sangat dianjurkan untuk menggunakan sistem *sanitary landfill*.

Tugas akhir ini dilakukan untuk merencanakan tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) dengan sistem *Sanitary Landfill*. Perencanaan TPA ini meliputi pembuatan lahan penimbunan, perhitungan gas dan sistem penyaluran gas yang dihasilkan oleh sampah, perhitungan lindi dan sistem penyaluran air lindi yang dihasilkan oleh sampah, dan fasilitas penunjang lainnya. Disertakan pula gambar, BOQ dan RAB.

Perencanaan TPA *Sanitary Landfill* Kabupaten Pasuruan ini memiliki luas 4,5 hektar. Sesuai perhitungan, masa umur pakai TPA ini hanya 4 tahun dimulai tahun 2018 sampai 2021, lebih singkat dari periode perencanaan awal yaitu 10 tahun. Pada TPA ini direncanakan sistem penyalur lindi dan gas sesuai dengan jumlah produksi lindi dan gas yang sudah dihasilkan. Produksi gas metan sebesar 349.707 m³. Gas metan ditangkap melalui pipa ventilasi gas dan dimanfaatkan menjadi listrik, dimana potensi listrik yang dapat dimanfaatkan dari periode operasional TPA sebesar 427.800 kWh. Produksi lindi pada TPA ini sebesar 48,09 m³/hari. Lindi nya diolah di IPL yang didalamnya terdapat 2 unit kolam anaerobik, 2 unit kolam fakultatif, dan 1 unit kolam maturasi. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun TPA Kabupaten Pasuruan ini sebesar Rp 23.298.559.365 (dua puluh tiga milyar dua ratus sembilan puluh

delapan juta lima ratus lima puluh sembilan ribu tiga ratus enam puluh lima rupiah).

**Kata Kunci: *Solid Waste, Landfill, Final Disposal*,
Perencanaan, Pasuruan**

The Design Planning For Final Disposal In Pasuruan Using Sanitary Landfill System

Student Name : Reihan Maulana
NRP : 03211440000073
Supervisor : Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.

ABSTRACT

Kenep landfill still uses an open dumping system although some of the land from this landfill is already using controlled landfill and the Kenep landfill requires land to be used as a landfill, because the existing TPA can not accommodate the increasing capacity of garbage. TPA in Indonesia is highly recommended to use sanitary landfill system.

The purpose of this final project is to plan the final waste processing site (TPA) with Sanitary Landfill system. This landfill planning involves making landfills, gas calculations and gas distribution systems generated by waste, leachate calculations and leachate distribution systems generated by waste, and other supporting facilities in the form of detailed engineering design, BOQ and RAB.

Sanitary Landfill Planning Pasuruan Regency has an area of 4.5 hectares. According to the calculation, the life of the TPA is only 4 years starting from 2018 to 2021, shorter than the initial planning period of 10 years. In this landfill is also planned leachate and gas distribution system in accordance with the amount of leachate production and gas that has been planned. Methane gas production amounted to 349,707 m³. Methane gas is captured through gas ventilation pipe and utilized to be electricity, where the electricity potential that can be utilized from the operational period of the landfill is 427,800 kWh. Leachate production in this TPA is 48.09 m³ / day. The leachate is processed in IPL which consists of 2 units of anaerobic pond, 2 units of facultative pond, and 1 unit of maturation pool. The cost required to build the Pasuruan District Landfill is Rp 23.298.559.365 (twenty three billion two hundred ninety eight million five hundred fifty nine thousand three hundred and sixty five rupiah).

Keyword: *Solid Waste, Landfill, Final Disposal, Planning,*
Pasuruan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, petunjuk serta karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat penulis menyelesaikan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Lingkungan ITS. Pengerjaan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada penulis.
2. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc, Ph.D., Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D. dan Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen penguji. Saya mengucapkan terimakasih atas segala saran serta masukan yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T, M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat dan motivasi selama masa perkuliahan.
4. Rekan mahasiswa Teknik Lingkungan 2014 (Rani, Ilham, Akbar, Oba, Yogi, Raka, Fadel, Yoga, Ciko) yang selalu *mensupport* penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Laporan kemajuan Tugas Akhir ini tentunya masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Saran dan kritik yang membangun diharapkan untuk mengembangkan penelitian ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengelolaan Sampah	5
2.2. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah.....	7
2.3. Definisi Sanitary landfill.....	8
2.3.1 Sistem lapisan dasar	14
2.3.2 Konstruksi Sistem Pengumpul Lindi	15
2.3.3 Pemasangan Sistem Penanganan Gas.....	16
2.4. Metode Pembuangan Akhir Sampah.....	17
2.4.1. Metode Trench	17
2.4.3. Metode Canyon	18

2.4.2. Metode Area	18
2.5. Produksi Lindi	18
2.6. Produksi Gas Landfill.....	20
2.6.1 <i>LandGEM Model</i>	23
BAB 3	25
GAMBARAN UMUM.....	25
3.1 Administrasi dan Geografis.....	25
3.1.1 Kondisis Administrasi.....	25
3.1.2 Kondisi Geografis	25
3.2 Kondisi Eksisting Persampahan	25
3.2.1 Timbulan Sampah dan Reduksi.....	25
3.2.2 Rencana Daerah Pelayanan Sampah	26
3.2.3 Pengangkutan Sampah	29
3.2.4 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Eksisting.....	29
3.2.5 Lokasi Lahan TPA Baru.....	31
3.3 Kependudukan	32
BAB 4	35
METODE PERENCANAAN	35
4.1 Definisi Metode Perencanaan.....	35
4.2 Kerangka Perencanaan.....	35
4.3 Ide Awal Perencanaan	37
4.4 Studi Pendahuluan	37
4.5 Pengumpulan Data	37
4.5.1 Pengumpulan Data Primer	38
4.5.2. Pengumpulan Data Sekunder.....	38
4.6 Analisis Data dan Pembahasan.....	38

4.7	Kesimpulan dan Saran	44
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		45
5.1	Pemilihan Lokasi TPA Sampah	45
5.2	Proyeksi Penduduk.....	48
5.3	Proyeksi Fasilitas Umum	50
5.4	Hasil <i>Sampling</i> Densitas dan Komposisi Sampah	52
5.5	Perhitungan Laju Timbulan.....	54
5.6	Perencanaan Sel <i>Sanitary Landfill</i>	55
5.6.1	Rencana Galian di Sel <i>Landfill</i>	55
5.6.2	Rencana Timbunan Sampah Sel <i>Landfill</i>	56
5.6.3	Perhitungan Kapasitas Sel <i>Sanitary Landfill</i>	57
5.6.4	Perhitungan Kebutuhan Tanah Penutup	58
5.7	Perhitungan Masa Pakai TPA	60
5.8	Daya Dukung Tanah.....	62
5.9	Perhitungan Gas Produksi <i>Landfill</i>	62
5.9.1	Perhitungan LandGEM <i>Model</i>	68
5.10	Analisa Curah Hujan.....	73
5.10.1	Analisis Curah Hujan Maksimum.....	73
5.10.2	Distribusi Hujan	75
5.10.3	Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan	80
5.11	Perhitungan Produksi Lindi.....	82
5.12	Sistem Lapisan Dasar Sel <i>Sanitary Landfill</i>	85
5.13	Rencana Saluran Pengumpul Lindi	86
5.14	Rencana Ventilasi Gas	87
5.15	Rencana Drainase.....	89
5.16	Rencana Sumur Pantau	94

5.17 Rencana Bangunan Operasional.....	94
5.18 Rencana Instalasi Pengolahan Lindi	95
BAB VI BILL OF QUANTITY dan RENCANA ANGGARAN BIAYA.....	108
6.1 Pekerjaan Persiapan	109
6.2 Pekerjaan Galian Tanah dan Liner di Landfill	110
6.3 Pekerjaan Pemasangan Pipa Lindi.....	115
6.4 Pekerjaan Pipa Gas.....	117
6.5 Pekerjaan Saluran Drainase.....	120
6.6 Pekerjaan Jalan Akses	121
6.7 Pekerjaan Instalasi Pengolahan Lindi.....	122
6.7.1 Sumur pengumpul	123
6.7.2 Kolam Anaerobik 1	124
6.7.3 Kolam Anaerobik 2	125
6.7.4 Kolam Fakultatif 1 dan 2	125
6.7.5 Kolam Maturasi.....	127
6.7.6 Pekerjaan Sumur Pemantau.....	130
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	133
7.1 Kesimpulan.....	133
7.2 Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA	135
LAMPIRAN A.....	139
LAMPIRAN B.....	142
LAMPIRAN C	143
LAMPIRAN D	146
LAMPIRAN E.....	148
LAMPIRAN F.....	152

LAMPIRAN G	153
LAMPIRAN H	154
LAMPIRAN I	155
LAMPIRAN J	157
LAMPIRAN K.....	158
LAMPIRAN L	160
LAMPIRAN M	161
LAMPIRAN N	162
LAMPIRAN O	163
LAMPIRAN P.....	170
LAMPIRAN Q	171
LAMPIRAN R	173
BIOGRAFI PENULIS.....	178

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Controlled landfill dan <i>Sanitary landfill</i> .	9
Tabel 2. 2 Klasifikasi Sampah Cepat dan Lambat Terurai	21
Tabel 3.1 Besarnya Timbulan Sampah berdasarkan sumbernya	26
Tabel 3. 2 Jenis Peralatan yang ada di Rumah Kompos.....	30
Tabel 3. 3 Alat berat yang terdapat di TPA	31
Tabel 5. 1 Scoring Alternatif Lokasi TPA Berdasarkan SNI 19-3241-1994	46
Tabel 5. 2 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Pasuruan.....	48
Tabel 5. 3 Proyeksi Penduduk.....	49
Tabel 5. 4 Fasilitas Umum yang Terlayani	52
Tabel 5. 5 Komposisi Sampah Kabupaten Pasuruan	53
Tabel 5. 6 Hasil Sampling Timbulan Sampah Domestik.....	54
Tabel 5. 7 Hasil Sampling Timbulan Sampah nonDomestik TPA Kabupaten Pasuruan.....	55
Tabel 5. 8 Kebutuhan tanah penutup antara	59
Tabel 5. 9 Kebutuhan Tanah Penutup Harian	59
Tabel 5. 10 Masa Pakai TPA.....	61
Tabel 5. 11 Tabel Degradasi Berdasarkan Komposisi Sampah	63
Tabel 5. 12 Perhitungan Total Mol	64
Tabel 5. 13 Rumus Kimia Sampah.....	65
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Perhitungan Rumus Kimia Sampah.....	65
Tabel 5. 15 Standar Deviasi Curah Hujan	73
Tabel 5. 16 Nilai <i>Reduced variated</i> (YT)	74
Tabel 5. 17 Intensitas Hujan.....	75
Tabel 5. 18 Tabel Intensitas Hujan Kota Jakarta.....	76
Tabel 5. 19 Distribusi Hujan Menurut Tanimoto	78
Tabel 5. 20 Pola Distribusi HMM per Jam menurut Ranking	80
Tabel 5.21 Hasil Perhitungan Lengkung Intensitas Metode Talbot	81
Tabel 5. 22 Luas Blok dan Panjang Saluran	89
Tabel 5. 23 Karakteristik Lindi Tipikal.....	96
Tabel 5. 24 Baku Mutu Efluen Lindi.....	96

Tabel 5. 25 Kriteria Desain Instalasi Pengolahan Lindi	97
Tabel 5. 26 Alternatif Pengolahan	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Teknik Operasional Pengelolaan.....	6
Gambar 3. 1 Denah Lokasi TPA Kenep	30
Gambar 3. 2 Denah Lokasi TPA Kenep	30
Gambar 4. 1 Produksi Gas Sampah Cepat Urai.....	40
Gambar 4. 1 Produksi Gas Sampah Cepat Urai.....	40
Gambar 4. 2 Produksi Gas Sampah Lambat Urai	40
Gambar 4. 2 Produksi Gas Sampah Lambat Urai	40
Gambar 4. 3 Input-Output konsep neraca air	41

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah di Kabupaten Pasuruan saat ini dilakukan di Desa Kenep, Kecamatan Beji. TPA Kenep ini telah beroperasi dari tahun 1989 pada lahan yang berupa jurang dengan kedalaman ± 13 m (*Depression Methode*). TPA Kenep terletak dilahan seluas 2,5 Ha beroperasi dengan menggunakan sistem *open dumping* (penimbunan sampah pada lahan terbuka) dan *controlled landfill* yang dilakukan pada lahan seluas $\pm 0,5$ Ha dengan cara melapisi lahan yang akan dijadikan area penimbunan dengan lapisan geomembran.

TPA Kenep masih menggunakan sistem open dumping yaitu sistem pembuangan sampah yang dilakukan secara terbuka, hal ini akan menjadi masalah jika sampah yang dihasilkan adalah sampah organik yang membusuk karena menimbulkan gangguan pembauan dan estetika serta menjadi sumber penularan penyakit (Wahid, 2009). Selain itu, TPA Kenep memiliki berbagai permasalahan yang pertama yaitu kondisi sekitar TPA yang merupakan permukiman masyarakat memiliki tingkat kepadatan lalat dan penderita diare pada warga meningkat seiring dengan dekatnya jarak rumah ke TPA Kenep (Rudianto dan Azizah, 2005). Selain itu, diperlukannya lahan untuk dijadikan TPA, karena TPA yang ada tidak dapat menampung kapasitas sampah yang semakin hari semakin banyak. Dengan laju timbunan sampah Kabupaten Pasuruan yang dihasilkan untuk daerah domestik yaitu rentang 0,35-0,40 kg/orang.hari (BLH Kabupaten Pasuruan, 2010), dan melihat usia dari TPA Kenep yang tergolong TPA lama, maka perlu dilakukan pemindahan TPA ke tempat lain dengan mendesain TPA dengan sistem *sanitary landfill*.

Menurut Tchobanoglous (1993), TPA dengan sistem *sanitary landfill* merupakan sarana fisik yang digunakan untuk membuang sisa sampah padat perkotaan ke permukaan tanah di bumi dan ditutup pada setiap akhir operasi setiap harinya yang didesain dan dioperasikan secara sistematis untuk meminimalkan pengaruhnya terhadap kesehatan masyarakat

umum dan lingkungan. Tujuan dari *sanitary landfill* adalah untuk mengisolasi limbah padat dari lingkungan. Hal ini berarti bahwa tidak ada zat-zat berbahaya dari limbah padat yang bisa mencapai lingkungan dalam jumlah yang tidak dapat diterima. Isolasi bahan limbah dari lingkungan dicapai dengan menyediakan penghalang. Penghalang sebagian dibangun di atas tanah dan sebagian di bawah permukaan tanah (*subsurface*). Hasil dari paket tersebut adalah sebagai penahan yang bisa dibangun baik untuk tujuan sel sanitary baru TPA atau dalam kasus upaya perbaikan pada TPA yang ada (Kovacic, 1994). Lindi yang dihasilkan dari sampah tersebut ini dapat mencemari lingkungan mengingat lindi merupakan salah satu air limbah yang mengandung ammonium, bahan organik, serta garam dalam konsentrasi yang tinggi (Laconi et al, 2011) sehingga harus dilakukan pengelolaan terlebih dahulu agar zat – zat pencemar tersebut dapat diturunkan konsentrasinya hingga pada konsentrasi yang aman untuk lingkungan. Sampah di TPA juga akan menghasilkan gas-gas dari proses biodegradasi dari sampah *biodegradable* yang mengandung hidrogen dan karbon dioksida pada tingkatan awal, selanjutnya akan terbentuk gas metana dan karbon dioksida (Williams, 2005). Oleh karena itu, gas tersebut harus dilepaskan melalui ventilasi ataupun dikumpulkan yang kemudian akan dimanfaatkan lebih lanjut (Guyer, 2009).

Melihat kondisi TPA Kenep yang ada sekarang ini, dapat direncanakan TPA berbasis *sanitary landfill* dengan tujuan mengurangi emisi dari gas dan lindi yang dihasilkan agar tidak meninggalkan masalah lingkungan untuk generasi berikutnya (Bilgili et al, 2006).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana perencanaan TPA Kabupaten Pasuruan dengan sistem lahan urug saniter?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini yaitu merencanakan TPA Kabupaten Pasuruan dengan sistem *sanitary landfill*.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat dicapai dari tugas akhir ini yaitu :

1. Merencanakan *Detail Engineering Design* (DED) TPA menggunakan sistem *sanitary landfill*.
2. Sebagai bahan masukan bagi instansi setempat terkait dalam perencanaan TPA.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup tugas akhir ini yaitu :

1. Periode perencanaan diproyeksikan hingga 10 tahun kedepan.
2. Perencanaan *sanitary landfill* yang meliputi pengelolaan lindi dan gas, sistem pelapis dasar, sistem penutup, serta fasilitas lain yang mendukung kegiatan di TPA.
3. Pengelolaan lindi yang dimaksud adalah perencanaan pipa lindi yang mencakup produksi lindi, pipa pengumpul dan penyalur lindi.
4. Pengelolaan gas yang dimaksud adalah perhitungan produksi gas, penggunaan pipa vent dan pipa penyalur gas.
5. Perencanaan fasilitas penunjang TPA
6. Perencanaan mencakup gambar desain, BOQ, dan RAB

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah kota merupakan salah satu isu hangat yang telah banyak dibicarakan oleh masyarakat dunia beberapa tahun belakangan ini. Di mana berkaitan juga dengan pelayanan sanitasi dan pencegahan pencemaran lingkungan. Sampah perkotaan ini jika tidak diolah dengan baik, dapat merusak estetika kota, menimbulkan bau dan mencemari lingkungan. Bau dapat timbul karena dekomposisi anaerobik sampah yang mencapai kurang dari 1 % dari total emisi. Meskipun hanya sedikit dampaknya, hal ini berakibat buruk bagi lingkungan baik fisik maupun kimia (Ying et al., 2012).

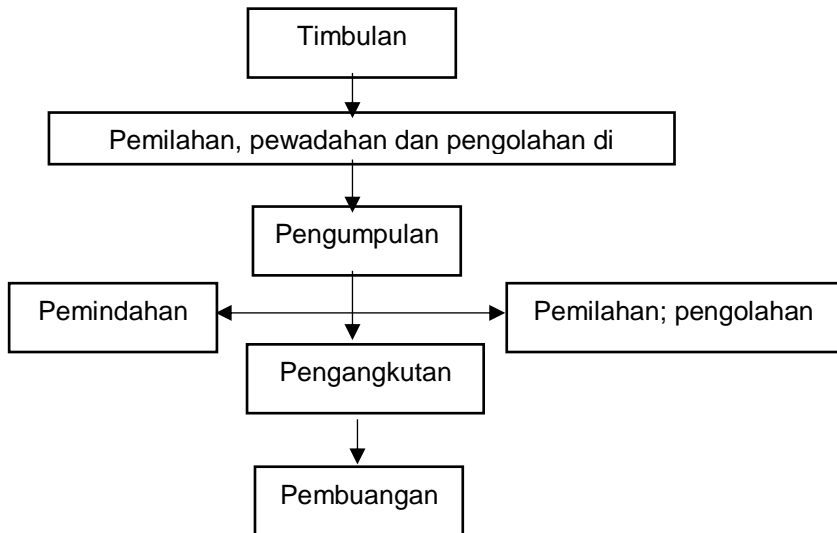
Pengelolaan limbah padat terpadu merupakan tugas yang mencakup pemenuhan kendala dari aspek teknis, ekonomis dan sosial. Hal ini menggabungkan antara jarak pengumpulan dan metode pengolahan yang digunakan untuk menangani semua material dalam sampah dengan cara yang efektif, ramah lingkungan, ekonomis dan segi sosial yang dapat diterima (McDougall et al., 2001)

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No.18 Tahun 2008, pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah (Gambar 2.1). Terdapat 2 kelompok utama pengelolaan sampah, yaitu:

- a. Pengurangan sampah (waste minimization), yang terdiri dari pembatasan terjadinya sampah, guna-ulang dan daur-ulang
- b. Penanganan sampah (waste handling), yang terdiri dari:
 - Pemilahan: dalam bentuk pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis, jumlah, dan/atau sifat sampah
 - Pengumpulan: dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu
 - Pengangkutan: dalam bentuk membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah

sementara atau dari tempat pengolahan sampah terpadu menuju ke tempat pemrosesan akhir

- Pengolahan: dalam bentuk mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah
- Pemrosesan akhir sampah: dalam bentuk pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman.



Gambar 2. 1 Skema Teknik Operasional Pengelolaan

(Sumber : SNI 19-2454-2002)

Pengelolaan sampah didefinisikan sebagai kontrol terhadap timbulan sampah, pewadahan, pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan, serta proses dan pembuangan akhir sampah dimana semua hal tersebut dikaitkan dengan prinsip-prinsip terbaik untuk kesehatan, ekonomi, keteknikan, konservasi, estetika, lingkungan dan juga sikap masyarakat (Tchobanoglous et al., 1993).

2.2. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah

Tahap akhir dari pengelolaan sampah yaitu pembuangan. Di mana pembuangan ini dilakukan di TPA, Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Menurut UU No. 18 Tahun 2008, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya. TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia nomor 3 tahun 2013, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuangan sampah di TPA ini. Pemrosesan akhir sampah sebagaimana dimaksud dilakukan dengan menggunakan:

- a. metode lahan urug terkendali (*Controlled Landfill*);
- b. metode lahan urug saniter (*Sanitary Landfill*);
- c. teknologi ramah lingkungan.

Pemrosesan akhir sampah sebagaimana dimaksud dilakukan di TPA, meliputi kegiatan:

- a. penimbunan/pemadatan;
- b. penutupan tanah;
- c. pengolahan lindi; dan
- d. penanganan gas.

Pemrosesan akhir sampah di TPA sebagaimana dimaksud harus memperhatikan :

- a. Sampah yang boleh masuk ke TPA adalah sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga, dan residu;
- b. Limbah yang dilarang diurug di TPA meliputi:
 - 1). limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga;
 - 2).limbah yang berkategori bahan berbahaya dan beracun sesuai peraturan perundang-undangan; dan
 - 3). limbah medis dari pelayanan kesehatan.
- c. Residu sebagaimana dimaksud pada huruf a tidak berkategori bahan berbahaya dan beracun atau mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun;

- d. Dalam hal terdapat sampah yang berkategori bahan berbahaya dan beracun atau mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun di TPA harus disimpan di tempat penyimpanan sementara sesuai dengan ketentuan peraturan perundangan mengenai pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun; dan
- e. Dilarang melakukan kegiatan peternakan di TPA.

Perencanaan TPA dilakukan sebagai metode kontrol pembuangan sampah. Lokasi TPA harus memperhatikan keadaan geologis, hidrologi, dan kesesuaian dengan lingkungan. Sebuah TPA seharusnya tidak bersistem open dumping, karena menyebabkan bau, asap, tidak sedap dipandang mata, masalah serangga dan binatang pengerat, dan lain sebagainya. Syarat terpenting dari TPA adalah tidak menghasilkan polutan dan mampu didegradasi oleh lingkungan (Qian et al., 2002).

2.3. Definisi Sanitary landfill

Beberapa pengertian tentang *sanitary landfill* dari beberapa ahli persampahan yang sebenarnya pada intinya tidak jauh berbeda. *Sanitary landfill* adalah sistem penimbunan sampah secara sehat dimana sampah dibuang di tempat yang rendah atau parit yang digali untuk menampung sampah, lalu sampah ditimbun dengan tanah yang dilakukan lapis demi lapis sedemikian rupa sehingga sampah tidak berada di alam terbuka (Tchobanoglous et al., 1993). *Sanitary landfill* merupakan sarana pengurugan sampah ke lingkungan yang disiapkan dan dioperasikan secara sistematis, dengan penyebaran dan pemadatan sampah pada area pengurugan, serta penutupan sampah setiap hari (Damanhuri et al., 2006). *Sanitary landfill* merupakan metode yang dilengkapi dengan sistem pengumpul gas dan instalasi pengelolaan lindi, sehingga pencemaran yang disebabkan oleh TPA dapat diminimisasi dan dikontrol (Chena et al., 2003).

Ada beberapa perbedaan antara sistem TPA controlled landfill dan *sanitary landfill*, dapat dilihat di Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbedaan Controlled landfill dan *Sanitary landfill*

No.	Parameter	<i>Controlled landfill</i>	<i>Sanitary landfill</i>
A	Proteksi terhadap lingkungan		
1	Dasar landfill menuju suatu titik tertentu	Tanah setempat dipadatkan, liner dasar dengan tanah permeabilitas rendah	Tanah setempat dipadatkan, liner dengan tanah permeabilitas rendah bila diperlukan gunakan geomembran
2	Liner dasar	Tanah dengan permeabilitas rendah dipadatkan 2x30 cm	Tanah dengan permeabilitas rendah dipadatkan 3 x 30 cm, bila perlu gunakan geomembran HDPE
3	Karpet kerikil minimum 20 cm	Dianjurkan	Diharuskan
4	Pasir pelindung minimum 20 cm	Dianjurkan	Diharuskan
5	Drainase / tanggul eliling	Dianjurkan	Diharuskan
6	Drainase lokal	Dianjurkan	Diharuskan

No.	Parameter	<i>Controlled landfill</i>	<i>Sanitary landfill</i>
7	Pengumpul lindi	Minimal saluran kerikil	Sistem saluran dan pipa perforasi
8	Kolam penampung lindi	Diharuskan	Diharuskan
9	Resirkulasi lindi	Dianjurkan	Diharuskan
10	Pengolah lindi	Kolam-kolam stabilisasi	Pengolahan biologis, bila perlu ditambah pengolahan kimia, dan landtreatment
11	Sumur pantau	Minimum 1 hulu dan 1 hilir sesuai arah aliran air tanah	Minimum 1 hulu, 2 hilir dan 1 unit di luar lokasi sesuai arah aliran air tanah
12	Ventilasi gas	Miminimum dengan kerikil horizontal – vertikal	Sistem vertikal dengan beronjog kerikil dan pipa, karpet kerikil setiap 5 m lapisan, dihubungkan

No.	Parameter	<i>Controlled landfill</i>	<i>Sanitary landfill</i>
			dengan perpipaan recovery gas
13	Sarana lab analisis air	-	Dianjurkan
14	Jalur hijau penyangga	Diharuskan	Diharuskan
15	Tanah penutup rutin	Minimum setiap 7 hari	setiap hari
16	Sistem penutup antara	Bila tidak digunakan lebih dari 1 bulan	Bila tidak digunakan lebih dari 1 bulan, dan setiap mencapai ketinggian lapisan 5 m

No.	Parameter	<i>Controlled landfill</i>	<i>Sanitary landfill</i>
17	Sistem penutup final	Minimum tanah kedap 20 cm, ditambah sub-draiase air-permukaan, ditambah top-soil	Sistem terpadu dengan lapisan kedap, subdrainase air-permukaan, pelindung, karpet penangkap gas, bila perlu dengan geosintetis, diakhiri dengan top-soil minimum 60 cm
18	Pengendali vektor dan bau	Diharuskan	Diharuskan
B	Pengoperasian landfill		
1	Alat berat	Dozer dan loader, dianjurkan dilengkapi excavator	Dozer, loader, dan excavator
2	Transportasi lokal	Dianjurkan	Diharuskan
3	Cadangan bahan bakar	Diharuskan	Diharuskan
4	Cadangan insktisida	Diharuskan	Diharuskan
5	Peralatan unloading dan manuver	Diharuskan	Diharuskan
6	Jalan operasi utama	Diharuskan	Diharuskan

No.	Parameter	<i>Controlled landfill</i>	<i>Sanitary landfill</i>
7	Jalam operasi dalam area	Diharuskan	Diharuskan
8	Jembatan timbang	Diharuskan	Diharuskan
9	Ruang registrasi	Diharuskan, minimum manual	Diharuskan, digital
C	Prasarana-Sarana		
1	Papan nama	Diharuskan	Diharuskan
2	Pintu gerbang-pagar	Diharuskan	Diharuskan
3	Kantor TPA	Minimum digabung dengan pos jaga	Diharuskan
4	Garas alat berat	Diharuskan	Diharuskan
5	Gudang	Dianjurkan	Diharuskan
6	Workshop dan peralatan	Dianjurkan	Diharuskan
7	Pemadam kebakaran	Diharuskan	Diharuskan
8	Fasilitas toilet	MCK	Kamar mandi dan WC terpisah
9	Cuci kendaraan	Minimum ada faucet	Diharuskan
10	Penyediaan air bersih	Diharuskan	Diharuskan
11	Listrik	Diharuskan	Diharuskan
12	Alat komunikasi	Diharuskan	Diharuskan
13	Ruang jaga	Diharuskan	Diharuskan
14	Area khusus daur ulang	Diharuskan	Diharuskan
15	Area transit limbah B3 rumah tangga	Diharuskan	Diharuskan
16	P3K	Diharuskan	Diharuskan
17	Tempat ibadah	Dianjurkan	Diharuskan

No.	Parameter	<i>Controlled landfill</i>	<i>Sanitary landfill</i>
D	Petugas TPA		
1	Kepala TPA	Diharuskan, pendidikan minimal D3 teknik, atau yang berpengalaman	Diharuskan, pendidikan minimal D3 teknik, atau yang berpengalaman
2	Petugas registrasi	Dianjurkan	Diharuskan
3	Pengawas operasi	Diharuskan, minimal dirangkap Kepala TPA	Diharuskan
4	Supir alat berat	Diharuskan	Diharuskan
5	Tehnisi	Diharuskan	Diharuskan
6	Satpam	Diharuskan	Diharuskan

Sumber : Enri Damanhuri et al., 2006

2.3.1 Sistem lapisan dasar

Dalam buku Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan TPA Sistem Controlled Landfill dan *Sanitary landfill* karya Enri Damanhuri et al., 2006, Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk sistem lapisan dasar landfill, yaitu :

- a) Teliti kembali kedalaman muka air tanah pada musim hujan terhadap lapisan dasar TPA yaitu minimum 3 meter sebelum tanah dasar dikupas dan dipadatkan.
- b) Padatkan tanah dasar dengan alat berat, dan arahkan kemiringan dasar menuju sistem pengumpul leachate. Pelapis dasar hendaknya :
 - Tidak tergerus selama menunggu penggunaan, seperti terpapar hujan dan panas

- Tidak tergerus akibat operasi rutin, khususnya akibat truk pengangkut sampah dan operasi alat berat yang lalu di atasnya
- Sampah halus tidak ikut terbawa ke dalam sistem pengumpul lindi, dan memungkinkan lindi mengalir dan terarah ke bawahnya.
- c) Bila menggunakan tanah liat, lakukan pemadatan lapis-perlapis minimum 2 lapisan dengan ketebalan masing-masing minimal 250 mm, sampai mencapai kepadatan 95%. Kelulusan minimal dari campuran tanah tersebut mempunyai kelulusan maksimum 1×10^{-7} cm/det.
- d) Lakukan pengukuran kemiringan lapisan dasar TPA yaitu dengan kemiringan yang disyaratkan 1-2 % ke arah tempat pengumpulan/pengolahan lindi.
- *Sanitary landfill*, yang terdiri dari :
 - o Lapisan tanah pelindung setebal minimum 30 cm
 - o Di bawah lapisan tersebut terdapat lapisan penghalang dari geotekstil atau anyaman bambu, yang menghalangi tanah pelindung dengan media penangkap lindi
 - o Media karpet kerikil penangkap lindi setebal minimum 15 cm, menyatu dengan saluran pengumpul lindi berupa media kerikil berdiameter 30 – 50 mm, tebal minimum 20 cm yang mengelilingi pipa perforasi 8 mm dari PVC, berdiameter minimal 150 mm. Jarak antar lubang (perforasi) adalah 5 cm. Di atas media kerikil.
 - e) Bila menurut desain perlu digunakan geosintetis seperti geomembran, geotekstil, non-woven, geonet, dan sebagainya, pemasangan bahan ini hendaknya disesuaikan spesifikasi teknis yang telah direncanakan, dan dilaksanakan oleh kontraktor yang berpengalaman dalam bidang ini.

2.3.2 Konstruksi Sistem Pengumpul Lindi

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan konstruksi sistem pengumpul lindi, yaitu:

- a) Teliti kembali pola pemasangan sistem under-drain tersebut sesuai dengan dengan perencanaan, yaitu dapat berupa pola tulang ikan atau pola lurus.

- b) Teliti kembali dan kalau perlu revisi desain jaringan under-drain penangkap dan pengumpulan leachate agar fungsinya tercapai.
- c) Kemiringan saluran pengumpul lindi antara 1 - 2 % dengan pengaliran secara gravitasi menuju instalasi pengolahan lindi (IPL).
- d) Sistem penangkap lindi diarahkan menuju pipa berdiameter minimum 150 mm, atau saluran pengumpul lindi. Pada *sanitary landfill*, pertemuan antar pipa penangkap atau antara pipa penangkap dengan pipa pengumpul dibuat bak kontrol (junction-box), yang dihubungkan sistem ventilisasi vertikal penangkap atau pengumpul gas.

2.3.3 Pemasangan Sistem Penanganan Gas

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai sistem penanganan gas pada landfill. Hal ini menyangkut upaya pencegahan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari gas landfill, yaitu :

- a) Gas yang ditimbulkan dari proses degradasi di TPA harus dikontrol di tempat agar tidak mengganggu kesehatan pegawai, orang yang menggunakan fasilitas TPA, serta penduduk sekitarnya.
- b) Gas hasil biodegradasi tersebut dicegah mengalir secara literal dari lokasi pengurugan menuju daerah sekitarnya.
- c) Setiap 1 tahun sekali dilakukan pengambilan sampel gas-bio pada 2 titik yang berbeda, dan dianalisis terhadap kandungan CO₂ dan CH₄.
- d) Pada sistem *sanitary landfill*, gasbio harus dialirkan ke udara terbuka melalui ventilasi sistem penangkap gas, lalu dibakar pada gas-flare. Sangat dianjurkan menangkap gasbio tersebut untuk dimanfaatkan.
- e) Pemasangan penangkap gas sebaiknya dimulai dari saat lahan-urug tersebut dioperasikan, dengan demikian metode penangkapannya dapat disesuaikan antara dua cara tersebut.
- f) Metode untuk membatasi dan menangkap pergerakan gas adalah :

- Menempatkan materi vertical pada atau di luar perbatasan landfill untuk menghalangi aliran gas
 - Menempatkan materi granular pada atau di luar perbatasan landfill (perimeter) untuk penyaluran dan atau pengumpulan gas
 - Pembuatan sistem ventilasi penangkap gas di dalam lokasi ex-TPA.
- g) Sistem penangkap gas dapat berupa :
- Ventilasi horizontal : yang bertujuan untuk menangkap aliran gas dalam dari satu sel atau lapisan sampah
 - Ventilasi vertical : merupakan ventilasi yang mengarahkan dan mengalirkan gas yang terbentuk ke atas
 - Ventilasi akhir : merupakan ventilasi yang dibangun pada saat timbunan akhir sudah terbentuk, yang dapat dihubungkan pada pembakar gas (gas-flare) atau dihubungkan dengan sarana pengumpul gas untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Perlu dipahami bahwa potensi gas pada ex-TPA ini sudah mengecil sehingga mungkin tidak mampu untuk digunakan dalam operasi rutin.
- h) Timbulan gas harus dimonitor dan dikontrol sesuai dengan perkiraan umurnya.
- i) Beberapa vertical desain perpipaan vertical pipa biogas :
- Pipa gas dengan casing PVC atau PE : 100 – 150 mm
 - Lubang bor berisi kerikil : 50 – 100 cm
 - Perforasi : 8 – 12 mm
 - Kedalaman : 80 %
 - Jarak antara ventilasi vertical : 25 – 50 m.

2.4. Metode Pembuangan Akhir Sampah

Terdapat beberapa metode yang digunakan di lokasi pembuangan akhir. Menurut Tchobanoglous et al (1993), metode tersebut terdiri dari 3 macam yaitu metode trench, metode area, metode canyon.

2.4.1. Metode Trench

Metode Trench merupakan metode *sanitary landfill* yang ideal untuk area yang memiliki persediaan materi penutup yang memadai dan air tanah yang berada jauh dari permukaan

tanah. Sampah diletakkan pada sel yang telah digali. Tanah digali setiap hari dan digunakan sebagai penutup harian. Biasanya penggalian sel berbentuk persegi dengan panjang dan lebar 305 m, kemiringan 1,5:1 hingga 2:1. Ukuran galian juga bisa berbeda seperti panjang 61 – 305 m, kedalaman 0,915 – 3,05 m, dan lebar 4,575 – 15,25 m.

2.4.3. Metode Canyon

Metode Canyon merupakan metode dengan menggunakan jurang sebagai tempat pembuangan. Bagian jurang terdiri dari banyak tumpukan dengan metode operasional yang hampir sama dengan area method. Akan tetapi jika dasar jurang datar, maka dapat digali sehingga berbentuk seperti trench method. Keuntungan menggunakan metode ini adalah tanah penutup harian untuk tiap tumpukan berlimpah. Tanah penutup tersebut berasal dari galian dinding atau dasar jurang sebelum dipasang sistem pelapisan dasar.

2.4.2. Metode Area

Metode Area digunakan ketika suatu daerah tidak mungkin digali karena muka air tanah yang tinggi. Persiapan tempat juga termasuk liner dan instalasi kontrol lindi. Tanah penutup pada metode ini berasal dari area terdekat yang diangkut oleh truk. Jika terjadi keterbatasan tanah penutup sampah yang telah menjadi kompos dapat digunakan sebagai tanah penutup.

2.5. Produksi Lindi

Salah satu isu penting yang menjadi perhatian dalam pengelolaan TPA adalah produksi lindi TPA dan potensinya untuk menurunkan kualitas sumber daya air sekitar. Lindi merupakan cairan yang terbentuk dari tumpukan sampah, bisa karena adanya hujan yang membasahi seluruh landfill dalam keadaan terbuka, maupun hujan yang melalui lapisan landfill. Lindi terdiri dari kontaminan organik dalam jumlah yang besar seperti Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD⁵), ammonia, hidrokarbon, logam berat dan garam anorganik. Selain itu lindi juga mengandung fenol, nitrogen, dan fosfor. Jika tidak diolah dan dikumpulkan dengan

aman, lindi dari landfill ini dapat menjadi sumber potensial pencemar bagi air permukaan dan dalam tanah (Aziz et al., 2009). Sedangkan berdasarkan Prihastini (2011), air Lindi adalah suatu cairan yang berasal dari proses dekomposisi sampah yang melarutkan senyawa berbahaya.

Menurut Purwanta (2017), polutan utama dalam lindi adalah materi organik dan nitrogen-ammonia. Karakterisasi lindi memiliki nilai rata-rata serta rentang minimal-maksimal sebagai berikut; BOD⁵ 90,7 mg/l (65 mg/l-130 mg/l), COD 9.679,7 mg/l (6.300 mg/l-12.200 mg/l), NH₃-N 134,4 mg/l (80 mg/l-190 mg/l) dan TKN 672,5 mg/l (540 mg/l-890 mg/l).

Masalah lindi di TPA bisa dimulai dari awal pembuatan sel nya hingga penutupannya. Hal yang paling khas dari efek merugikan lindi jika dibuang ke lingkungan yaitu dapat mencemari air tanah. Pengumpulan dan pengolahan lindi telah diakui sebagai salah satu masalah yang besar terkait dengan pengoperasian sel TPA. Beberapa teknologi yang diterapkan untuk pengolahan lindi ini dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama termasuk transfer lindi (transfer dan pengolahan gabungan dengan limbah domestik), biodegradasi (proses aerobik dan/ atau anaerobik), dan metode kimia serta fisik (Sartaj et al., 2010). Lindi dengan konten organik yang tinggi lebih baik diolah dengan proses biologis, sedangkan lindi dengan kandungan organik yang rendah lebih baik diolah dengan fisik / proses kimia. Secara luas, pengolahan anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah, terutama dalam pengolahan lindi TPA. Proses biologis anaerobik mempunyai beberapa keuntungan dibanding proses aerobik. Secara signifikan termasuk untuk mengurangi produksi lumpur, stabilisasi organik yang lebih rendah, dan menghasilkan energi karena pemulihan gas metana. Umumnya, setelah proses pengolahan anaerobik, terdapat proses aerobik untuk pengolahan lanjutan. Hal ini berguna untuk mengolah kembali air limbah yang telah diolah tadi sebelum dibuang ke lingkungan (Sartaj et al., 2010).

Usia TPA dan tingkat stabilisasi sampah memiliki dampak yang signifikan pada komposisi lindi. Faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap kualitas komposisi adalah :

karakteristik limbah padat, komposisi sampah, ukuran isi sel dan tingkat pemadatan, kadar air dan tingkat air hujan infiltrasi, suhu, metode sampling dan analisis (Yedla, 2005) .

Secara keseluruhan, resiko dari dampak lindi bagi lingkungan ditentukan dengan membandingkan kualitas lindi dan standar baku mutu air yang digunakan. Lindi adalah salah satu sumber emisi yang paling potensial berbahaya dari TPA. Berbagai cara dilakukan untuk memperkecil emisi tersebut agar tidak mencemari lingkungan. Lindi dari TPA dapat ditangani dengan pengolahan limbah cair secara biologis yaitu dengan cara aerobik, anaerobik, kimiawi atau fisik yaitu dengan cara flokulasi, dan panas (penguapan) (Hogland et al., 1999).

2.6. Produksi Gas Landfill

Desain TPA yang ada, dikembangkan di negara-negara maju dengan tujuan pembuangan akhir sampah dan beberapa ketentuan yang dibuat untuk menangani gas yang dihasilkan. Dengan kenaikan timbulan sampah di negara-negara berkembang diharapkan juga adanya ketersediaan aplikasi teknologi untuk pemulihan gas. Desain yang diusulkan ini menargetkan lokasi TPA baru dan tidak dapat diterapkan pada TPA eksisting. Tempat pembuangan sampah direkayasa untuk batas tertentu untuk meningkatkan proses generasi gas sehingga hasil gas landfill lebih cepat didapat dan mengurangi kebutuhan lahan. Hasil gas landfill dan nilai energinya dihitung melalui pengembangan model fungsional berdasarkan pertimbangan teoritis (Yedla, 2005).

Potensi pencemaran gas landfill merupakan salah satu hal yang menjadi perbincangan dari masalah sampah perkotaan. Beberapa gas terbentuk dari proses dekomposisi material organik dalam sel landfill. Komposisi, kuantitas dan kecepatan terbentuknya gas bergantung pada beberapa faktor seperti jumlah sampah, komposisi dan densitas, karakter penempatannya, kedalaman landfill, kadar air sampah, suhu, dan jumlah oksigen yang tersedia. Terdapat beberapa jenis kandungan gas pada landfill atau biasa disebut landfill gas. Gas methan merupakan kandungan gas dengan komposisi tertinggi yaitu mencapai 47,4 %. Selanjutnya terdapat gas

karbondioksida sebesar 47 %, nitrogen 3,7%, dan sisanya gas lainnya. Gas metan termasuk Green House Gas (GHG) yang mana 23 kali lebih membahayakan dari pada karbon dioksida (EPA, 1999).

Gas landfill yang diproduksi di sini mengandung sekitar 50-54% CH₄ dan 40-46% CO₂ dan produk minor lainnya seperti amonia dan hidrogen sulfida. Reaksi berlangsung lebih baik dengan adanya air, yang merupakan reagen utama.

Dalam perhitungan produksi gas landfill, dapat menggunakan metode segitiga produksi gas. Metode ini memperhatikan sampah yang cepat terurai (3 bulan – 5 tahun) dan lambat terurai (5 tahun – 50 tahun). Klasifikasi kedua sampah tersebut dapat dilihat di Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Sampah Cepat dan Lambat Terurai

Komponen Senyawa Organik	Terdekomposisi Cepat	Terdekomposisi Lambat
Sampah Makanan	V	
Koran	V	
Kertas kantor	V	
Karton	V	
Plastik ^a		
Kain		V
Karet		V
Kulit		V
Sampah Kebun	V ^b	V ^c
Kayu		V
Mikroorganisme organik		V

Sumber : Tchobanoglous et al., 1993

Keterangan :

a) Secara umum plastic tidak terdekomposisi

- b) Daun dan rumput biasanya terdekomposisi sebanyak 60%
- c) Sebagian dari sampah kebun adalah kayu (Tchobanoglous et al., 1993)

Gas yang berasal dari timbunan sampah dapat diolah menjadi energi yaitu salah satunya energi listrik yang dikonversi pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTsa). Proses Kerja PLTsa terdapat dua macam yaitu: Proses pembakaran (thermal) dan proses teknologi fermentasi metana (gasifikasi) (Dodi, 2015)

- a. Proses pembakaran PLTsa dengan proses pembakaran menggunakan proses konversi thermal dalam mengolah sampah menjadi energi
- b. Teknologi fermentasi metana Pemanfaatan gas dari sampah untuk pembangkit listrik dengan teknologi fermentasi metana dilakukan dengan dengan metode sanitary landfill yaitu memanfaatkan gas yang dihasilkan dari sampah (gas sanitary landfill/LFG). Landfill Gas (LFG) adalah produk sampingan dari proses dekomposisi dari timbunan sampah yang terdiri dari unsur 50% metan (CH_4), 50% karbon dioksida (CO_2) dan <1% non-methane organic compound (NMOCs). LFG harus dikontrol dan dikelola dengan baik karena, jika hal tersebut tidak dilakukan dapat menimbulkan smog (kabut gas beracun), pemanasan global dan kemungkinan terjadi ledakan gas, sistem sanitary landfill dilakukan dengan cara memasukkan sampah kedalam lubang selanjutnya diratakan dan dipadatkan kemudian ditutup dengan tanah yang gembur demikian seterusnya hingga membentuk lapisan lapisan.

2.6.1 LandGEM Model

LandGEM Model adalah alat otomatis yang digunakan untuk menghitung emisi gas dari total landfill gas, gas metana, gas karbondioksida, NMOC dan polutan udara individual yang berasal dari sampah perkotaan. *LandGEM Model* yang terbaru adalah versi 3.02 dari US EPA (2005). Terdapat 2 tipe permodelan yaitu *CAA default* dan *Inventory default*.

CAA default yang mengacu pada persyaratan untuk *landfill* sampah perkotaan yang dikeluarkan oleh *Clean Air Act* (CAA) termasuk *New Source Performance Standards* (NSPS), *Emission Guidelines* (EG) dan *National Emission Standard Hazardous Air Pollutant* (NESHAP). *Inventory default* berdasarkan faktor emisi dari US EPA yaitu *compilation of air pollution emission factor* (AP-42). Nilai/default yang dipilih dapat menggunakan data spesifikasi sesuai pengguna.

LandGEM Model menggunakan persamaan berdasarkan dekomposisi orde satu untuk memperkirakan emisi gas sesuai periode waktu yang ditentukan.

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_i j}$$

dimana :

L_0 = potensi kapasitas produksi metana (m^3 /Megagram)

k = laju produksi gas metana ($tahun^{-1}$)

t = umur TPA (tahun)

M_i = jumlah sampah yang masuk ke TPA pada tahun i (ton)

i = 1-tahun operasional

Nilai L_0 dan k sangat mempengaruhi hasil perhitungan. Perhitungan menggunakan nilai dengan pendekatan kuantitatif yang hampir mendekati kondisi TPA Kabupaten Pasuruan. Input yang digunakan adalah tahun TPA mulai beroperasi, tahun TPA menerima sampah terakhir, nilai L_0 dan k . Nilai L_0 dan k bergantung pada kondisi iklim setempat dan komposisi sampah. Output berupa tabulasi gas landfill sesuai hasil perhitungan dan diinterpretasikan dalam bentuk grafik. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel

Tabel 2. 3 Input LandGEM Model

Type Emisi	Type Landfill	L₀ (m³/Mg)	K (tahun⁻¹)
CAA	Conventional	170	0,05
CAA	Arid Area	170	0,02
<i>Inventory</i>	Conventional	100	0,04
<i>Inventory</i>	Arid Area	100	0,02
<i>Inventory</i>	Wet (Bioreactor)	96	0,7

Sumber : US EPA (2005)

Tabel 2. 4 Nilai L₀ dan k yang disarankan

Variabel	Satuan	Range	Nilai disarankan		
			Iklim Basah	Iklim Sedang	Iklim Kering
iklim *	Q	0-3	0-0,33	0,34-1,0	1,0-3,0
Lo**	cf/lb	0-5	2,25-2,88	2,25-2,88	2,25-2,88
k**	l/tahun	0,1-0,35	0,1-0,35	0,05-0,15	0,02-0,10

Sumber : *Klasifikasi oleh Schmidt dan Ferguson

** EPA-430-B-96-0004

Worksheet LandGEM Model meliputi intro, data input pengguna, polutan, review input, methane, hasil, grafik, inventory dan report. Perhitungan emisi gas yang tidak diketahui estimasi closure year maka LandGEM Model akan menghitung hingga 80 tahun yang dianggap usia maksimal TPA

BAB 3

GAMBARAN UMUM

3.1 Administrasi dan Geografis

3.1.1 Kondisis Administrasi

Secara administratif luas Kabupaten Pasuruan sebesar 1.474,020 Km² yang dibagi ke dalam 24 (dua puluh empat) wilayah kecamatan, 341 desa dan 24 kelurahan. Dengan batas-batas sebagai berikut :

- Sebelah Utara :Kabupaten Sidoarjo dan Selat Madura
- Sebelah Timur :Kabupaten Probolinggo
- Sebelah Selatan:Kabupaten Malang
- Sebelah Barat :Kabupaten Mojokerto

Peta administratif Kabupaten Pasuruan dapat dilihat pada Lampiran Gambar.

3.1.2 Kondisi Geografis

Kabupaten Pasuruan merupakan bagian dari Provinsi Jawa Timur yang terletak pada koordinat 11,30° – 12,30° Bujur Timur dan 7,30° – 8,30° Lintang Selatan. Wilayah daratannya dibagi menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu :

- Daerah pegunungan dan berbukit, dengan ketinggian antara 180 – 3000 m dpl, daerah ini membentang di bagian selatan dan barat meliputi Kecamatan Lumbang, Puspo, Tosari, Tuter, Purwodadi, Prigen dan Gempol;
- Daerah dataran rendah dengan ketinggian antara 6 – 91 m dpl, daerah ini membentang di bagian tengah dan merupakan daerah yang subur;
- Daerah pantai dengan ketinggian antara 2 – 8 m dpl, daerah ini membentang di bagian utara meliputi Kecamatan Nguling, Lekok, Rejoso, Kraton dan Bangil.

3.2 Kondisi Eksisting Persampahan

3.2.1 Timbulan Sampah dan Reduksi

Timbulan sampah adalah sejumlah sampah yang dihasilkan oleh suatu aktifitas dalam kurun waktu tertentu atau dengan kata lain banyaknya sampah yang dihasilkan dalam

satuan berat (kilogram) gravimetri atau volume (liter) volumetri (Tchobanoglous, George et.al.1993).

Kabupaten Pasuruan memiliki reduksi sampah sebesar 1,19% pada sumber, yang berarti masyarakat pasuruan mayoritas belum melakukan reduksi sampah yang dihasilkannya (DLH Kabupaten Pasuruan, 2017).

Data timbulan sampah diperlukan untuk menentukan pengelolaan yang dilakukan untuk sampah tersebut. Data timbulan sampah dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Besarnya Timbulan Sampah berdasarkan sumbernya

No.	Komponen Sumber Sampah	Satuan	Berat (kg)	Volume (liter)
1	Rumah permanen	/org/hari	0,350-0,400	2,25-2,50
2	Rumah semi permanen	/org/hari	0.300-0.350	2,00-2,25
3	Rumah non permanen	/org/hari	0,250-0,300	1,75-2,00
4	Kantor	/pegawai/hr	0,025-0,100	0,50-0,75
5	Toko/Ruko	/petugas/hr	0,150-0,350	2,50-3,00
6	Sekolah	/murid/hr	0,010-0,020	0,10-0,15
7	Jalan arteri sekunder	/m/hari	0,020-0,100	0,10-0,15
8	Jalan kolektor	/m/hari	0,010-0,050	0,10-0,15
9	Jalan lokal	/m/hari	0,005-0,025	0,05-0,10
10	Pasar	/m ² /hari	0,350-0,400	0,20-0,60

Sumber: SNI 19 3983 1995

3.2.2 Rencana Daerah Pelayanan Sampah

Dari total 24 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Pasuruan rencana pelayanan pengelolaan sampah oleh Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Pasuruan mencakup 12 Kecamatan, yaitu :

Tabel 3. 2 Rencana Daerah Pelayanan

No	Kecamatan	Kelurahan
1	Kecamatan Bangil	1. Kelurahan kersikan 2. Kelurahan Kalirejo 3. Desa Manurawi 4. Kelurahan Gempeng 5. Kelurahan Bendomanunggal 6. Kelurahan Latek 7. Kelurahan Dermo 8. Kelurahan Pogar 9. Kelurahan Kauman 10. Kelurahan Kiduldalem 11. Kelurahan Kolusari 12. Desa Raci
2	Kecamatan Gempol	1. Desa Gempol 2. Desa Karangrejo 3. Desa Ngerong 4. Desa Kejapanan
3	Kecamatan Beji	1. Desa Kedungringin 2. Desa Cangkring malang 3. Desa Gununggangsir 4. Desa Sidowayah 5. Kelurahan Pagak 6. Kelurahan Glanggang 7. Desa Beji
4	Kecamatan Pandaan	1. Desa karangjati 2. Kelurahan jogosari 3. Desa Sumbergedang 4. Kelurahan Kutorejo 5. Kelurahan Pandaan 6. Desa Tawangrejo 7. Desa Nogosari

No	Kecamatan	Kelurahan
		8. Kelurahan Pentungsari
5	Kecamatan Prigen	1. Kelurahan Ledug 2. Desa Sukolelo 3. Desa Gambiran 4. Kelurahan Prigen 5. Kelurahan Pancalukan 6. Desa Lumbangrejo
6	Kecamatan Purwosari	1. Desa Martopuro
7	Kecamatan Purwodadi	1. Desa Cowek 2. Desa Purwodadi 3. Desa Sentul 4. Desa Parerejo
8	Kecamatan Sukorejo	1. Desa Sukorejo 2. Desa Karangsono 3. Desa Lemahbang 4. Desa Glagahsari
9	Kecamatan Pohjentrek	1. Desa Pleret 2. Desa Warungdoro
10	Kecamatan Kejayan	1. Desa Tanggulangin 2. Desa Patebon 3. Kelurahan Kejayan
11	Kecamatan Kraton	1. Desa Kalirejo 2. Desa semare 3. Desa kraton 4. Desa Tambakrejo 5. Desa Curahdukuh 6. Desa sidogiri 7. Desa Ngempit
12	Kecamatan Rembang	1. Desa Rembang 2. Desa Pekoren 3. Desa Genengwaru

Sumber : Perda Kabupaten Pasuruan no 12 tahun 2010 Tentang RTRW

3.2.3 Pengangkutan Sampah

Pengelolaan sampah Kabupaten Pasuruan berada dibawah kebijakan Badan Lingkungan Hidup. Kegiatan pengelolaan sampah dimulai dari kegiatan pengumpulan sampah dari sumber sampah, pemindahan sampah ke TPS yang selanjutnya dilakukan pengangkutan sampah ketempat pusat pengelolaan sampah. Pada tahap pewadahan sampai dengan sampah terkumpul di TPS, pengelolaanya melibatkan masyarakat dan pengelola setempat untuk area komersial. Sedangkan pengelolaan sampah mulai dari TPS menuju ke TPA menjadi tanggung jawab sepenuhnya oleh pemerintah Kabupaten Pasuruan yaitu Badan Lingkungan Hidup. Pengangkutan sampah yang dilakukan oleh pemerintah setempat dilakukan dari pengangkutan sampah dari TPS menuju ke TPA. Sistem pengangkutan yang dilakukan yaitu menggunakan sistem HCS (*Hauled Container System*) dimana pada saat datang ke lokasi penampungan sampah sementara (TPS), truk pengangkut sampah membawa bak/container kosong yang kemudian akan diletakkan/ditinggal di lokasi TPS untuk menggantikan bak/container sampah yang sudah penuh. Bak yang telah penuh diangkut truk sampah (*dump truck/arm roll truck*) menuju ke TPA Kenep. (BLH Kabupaten Pasuruan, 2010)

3.2.4 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Eksisting

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah di Kabupaten Pasuruan saat ini dilakukan di Desa Kenep Kecamatan Beji. TPA Kenep ini beroperasi sejak tahun 1989 pada lahan yang berupa jurang dengan kedalaman ± 13 m (*Depression Methode*) TPA Kenep terletak dilahan seluas 2,5 Ha beroperasi dengan menggunakan sistem open dumping (penimbunan sampah pada lahan terbuka) dan controlled landfill yang dilakukan pada lahan seluas $\pm 0,5$ Ha dengan cara melapisi lahan yang akan dijadikan area penimbunan dengan lapisan geomembran. TPA di Kenep ini untuk melayani wilayah Kabupaten bagian barat.

Sedangkan wilayah timur masih diupayakan untuk mereview kemungkinan memfungsikan kembali dan meningkatkan TPA Rebalas di Kecamatan Grati untuk melayani wilayah bagian timur.



Gambar 3. 1 Denah Lokasi TPA Kenep

Sumber : Google Earth

Pada TPA Kenep, sampah dipisah secara manual oleh para pemulung yang umumnya adalah warga sekitar TPA. Sebagian sampah diolah menjadi kompos yang dilakukan oleh pihak TPA dan warga sekitar. Berikut adalah fasilitas pada rumah kompos yang tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 3 Jenis Peralatan yang ada di Rumah Kompos

Jenis	Jumlah (unit)	Fungsi alat	Kondisi alat
Mesin conveyer	1	Memisahkan sampah plastic dengan sampah organic	Baik
Mesin pencacah	1	Memotong/mencacah sampah daun/sampah organic yang akan dikompos	Baik
Gerobak sampah	1	Mengangkut sampah yang telah siap dikomposkan dari	Baik

Jenis	Jumlah (unit)	Fungsi alat	Kondisi alat
		area pencacahan kerumah kompos	
Mesin pengayak mekanis	1	Memisahkan sampah berdasarkan ukuran partikelnya	Baik
Mesin pengayak konvensional	4		Baik

Sumber: Manajemen Pengelolaan Sampah, BLH Kabupaten Pasuruan, 2010

Terbatasnya lahan yang dipergunakan sebagai area komposting menjadikan sebagian besar sampah yang masuk ke TPA Kenep ini tetap masuk ke lahan penimbunan. Sampah yang masuk ke lahan penimbunan akan diratakan dengan menggunakan bulldozer/excavator yang digunakan secara bergantian (sesuai dengan kebutuhan). Adapun alat berat yang terdapat di lokasi TPA Kenep antara lain :

Tabel 3. 4 Alat berat yang terdapat di TPA

Jenis	Jumlah (unit)	Masih beroperasi		Kondisi	Status Kepemilikan
		Ya	Tidak		
Buldozer	1	√	-	Baik	Milik BLH
Soft Loader	1	-	√	Rusak	Milik BLH
Excavator	3	√	-	Baik	Sewa

Sumber: Manajemen Pengelolaan Sampah, BLH Kabupaten Pasuruan, 2010

3.2.5 Lokasi Lahan TPA Baru

Penetapan lokasi TPA baru untuk Kabupaten Pasuruan berada di Kecamatan Sukorejo, tepatnya di Kelurahan Wonokerto. Hal ini disebabkan karena daerah Wonokerto sangat strategis yaitu terletak di tengah kota. Peta lokasi lahan TPA baru dapat dilihat pada Lampiran Gambar.

3.3 Kependudukan

Berdasarkan data BPS Kabupaten Pasuruan (2008), jumlah penduduk Kabuapten Pasuruan pada tahun 2008 sebanyak 1.471.564 jiwa, dimana penduduk terbanyak berdomisili di Kecamatan Gempol sebesar 117.051 jiwa dan jumlah penduduk terkecil di Kecamatan Tosari sebesar 18.292 jiwa.

Tingkat kepadatan penduduk di Kabupaten Pasuruan sebesar 998 jiwa/km². Kepadatan penduduk tertinggi terdapat di Kecamatan Pohjentrek sebesar 2.281 jiwa/km² dan kepadatan penduduk terendah di Kecamatan Tosari sebesar 187 jiwa/km². Data mengenai jumlah penduduk, jumlah KK dan tingkat kepadatan per kecamatan dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3. 5 Data Demografi Kabupaten Pasuruan Tahun 2008

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah KK	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)
1	Purwodadi	63.908	16.97	623
2	Tutur	51.682	13.998	598
3	Puspo	27.767	7.175	475
4	Tosari	18.285	4.56	187
5	Lumbang	34.058	9.488	271
6	Pasrepan	51.003	14.714	567
7	Kejayan	62.214	17.544	785
8	Wonorejo	53.467	15.277	1.128
9	Purwosari	77.212	20.723	1.282
10	Prigen	81.071	21.605	664
11	Sukorejo	76.982	21.298	1.321
12	Pandaan	96.02	26.73	2.209
13	Gempol	117.299	29.873	1.803

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah KK	Kepadatan Penduduk (jiwa/km2)
14	Beji	78.119	21.105	1.954
15	Bangil	85.019	20.715	1.903
16	Rembang	59.201	17.063	1.379
17	Kraton	88.123	21.19	1.733
18	Pohjentrek	27.097	7.074	2.281
19	Gondangwetan	50.866	13.057	1.918
20	Rejoso	42.252	10.822	1.14
21	Winongan	40.061	11.185	870
22	Grati	72.612	19.738	1.428
23	Lekok	65.655	17.055	1.406
24	Nguling	55.392	16.016	1.3
Total		1.388.947	394.975	998

Sumber : Kabupaten Pasuruan Dalam Angka, 2008

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

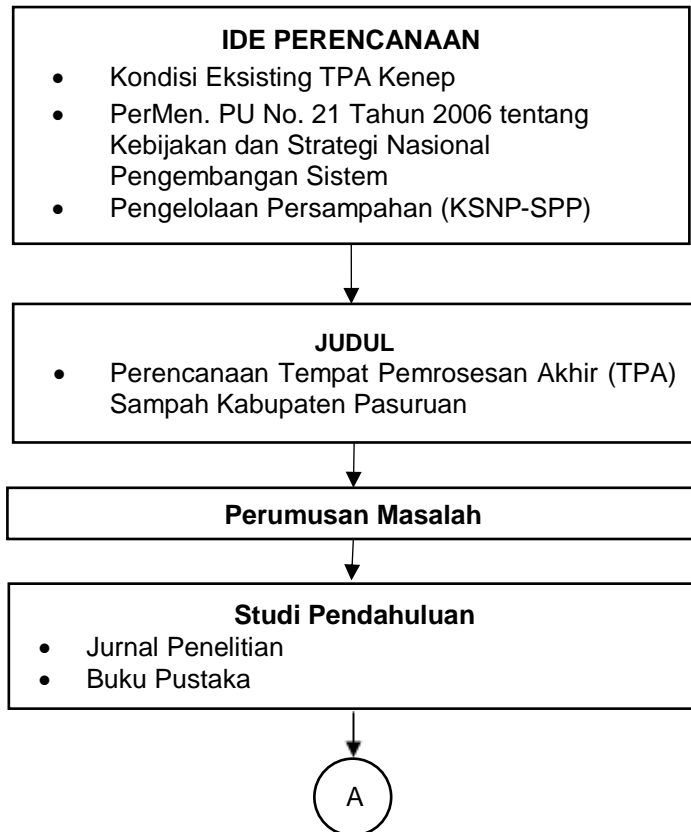
BAB 4

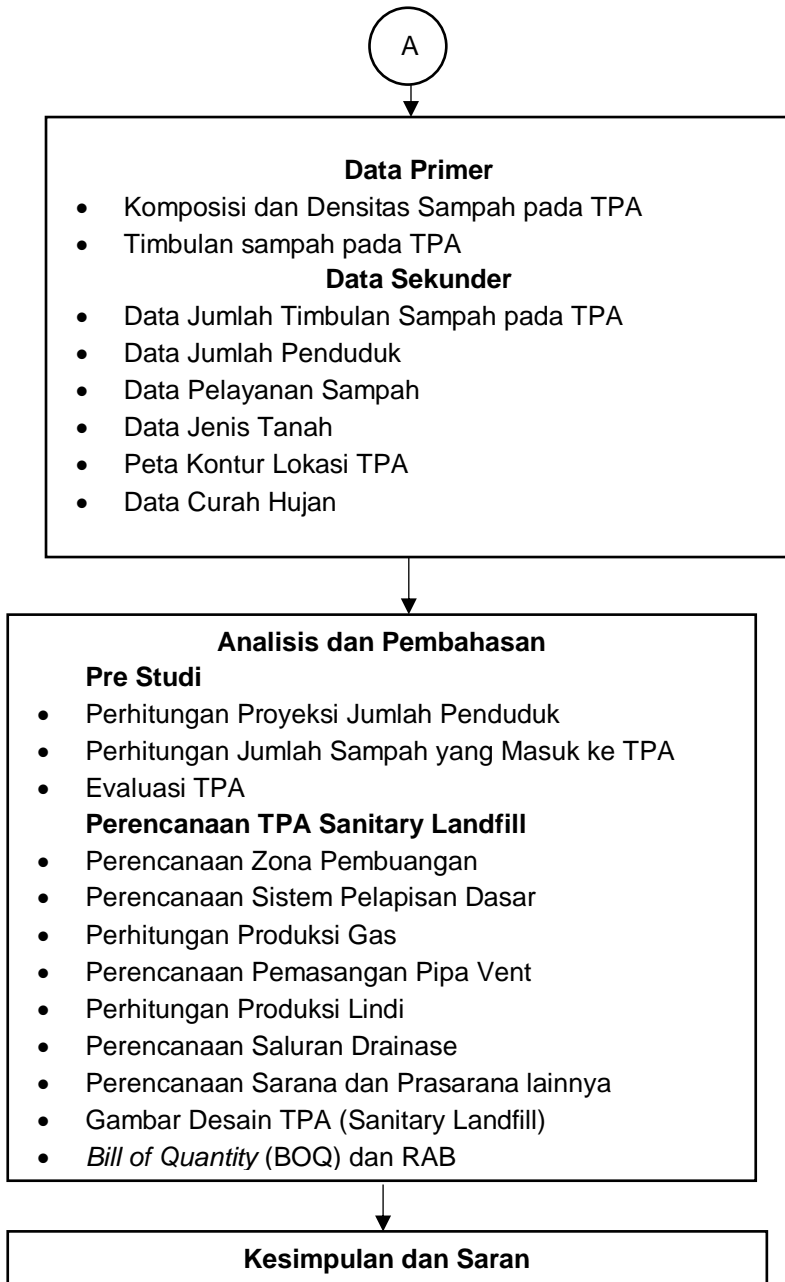
METODE PERENCANAAN

4.1 Definisi Metode Perencanaan

Maksud dari metode perencanaan ini yaitu untuk merumuskan langkah – langkah yang akan dilakukan dalam pelaksanaan perencanaan *sanitary landfill*. Langkah – langkah ini meliputi pengumpulan data, analisis, pengembangan rencana, serta hasil perkiraan. Sehingga dari hasil perencanaan nantinya dapat menjadi bahan masukan bagi Pemerintah Kabupaten Pasuruan dalam hal pengelolaan sampah.

4.2 Kerangka Perencanaan





4.3 Ide Awal Perencanaan

Perencanaan TPA Kabupaten Pasuruan dengan sistem *sanitary landfill* berawal dari kondisi TPA yang ada saat ini dengan kondisi ideal berdasarkan PerMen. PU No. 21 Tahun 2006. Kondisi TPA Kabupaten Pasuruan sebenarnya sudah cukup baik. Akan tetapi seiring berjalannya waktu, sel landfill yang ada di TPA tersebut akan *overload*. Inti dari perencanaan TPA ini sendiri tidak lain sebagai solusi dari pengelolaan sampah di Kabupaten Pasuruan yang TPA eksistingnya sudah melebihi kapasitas

Berdasarkan Per.Men PU No. 21 Tahun 2006, *sanitary landfill* sangat disarankan untuk segera diterapkan pada TPA. Hal ini sesuai juga dengan Kebijakan No. 3 dan Strategi No.5 pada peraturan tersebut. Tugas akhir ini menggunakan 2 aspek dalam perencanaannya, yaitu:

1. Aspek teknis

Aspek teknis meliputi perencanaan desain TPA, yaitu :

- Perencanaan Zona Pembuangan
- Perencanaan Sistem Pelapisan Dasar
- Perhitungan Produksi Gas
- Perencanaan Pemasangan Pipa Vent
- Perhitungan Produksi Lindi
- Perencanaan Saluran Drainase
- Gambar Desain TPA (*Sanitary landfill*)
- Gambar Desain Pengolahan Gas
- Gambar Fasilitas Penunjang TPA

2. Aspek Pembiayaan dan *Operation and Maintenance* (O&M)

Aspek Pembiayaan dan *Operation and Maintenance* (O&M) ini yaitu meliputi *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

4.4 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dapat sebagai acuan dalam perencanaan *sanitary landfill* nantinya. Studi ini mengacu pada buku pustaka, jurnal penelitian, dan pustaka lain yang berhubungan dengan TPA *sanitary landfill*.

4.5 Pengumpulan Data

Data sangatlah dibutuhkan dalam proses perencanaan. Terdapat dua jenis data yang akan dibutuhkan, yaitu data primer dan data sekunder.

4.5.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer yang diperlukan dalam perencanaan ini yaitu

1. Komposisi Sampah

Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan pengukuran komposisi sampah di TPA Kabupaten Pasuruan. Data ini berguna untuk menghitung estimasi timbulan gas, baik gas CH₄ maupun CO₂. Pengukuran komposisi sampah dilakukan sesuai dengan metode SNI 19-3964-1994.

2. Timbulan sampah di TPA

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur massa sampah dan volume sampah pada TPS menggunakan metode *Load Count Analysis*. Namun, apabila di TPA eksisting memiliki jembatan timbang maka pengukuran timbulan dilakukan dengan menggunakan metode *Weight Volume Analysis*, maka jumlah sampah yang masuk ke fasilitas penerima sampah akan dapat diketahui dengan mudah dari waktu ke waktu.

4.5.2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder dapat didapat dari dinas/instansi yang terkait. Data sekunder yang diperlukan dalam perencanaan ini yaitu :

- Data Jumlah Penduduk
- Data Jumlah Timbulan Sampah Eksisting
- Data Pelayanan Sampah di Kabupaten Pasuruan
- Data Luas Area yang Tersedia
- Data Curah Hujan
- Data Jenis Tanah
- Peta Kontur Lokasi TPA
- Elevasi Muka Air Tanah

4.6 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan dilakukan secara deskriptif berdasarkan data yang telah didapat dan diukur. Terdapat 2 tahap, yaitu :

1. Pre Studi

- Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk (Periode Perencanaan 10 Tahun)
- Perhitungan Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA
Perhitungan ini menggunakan metode *weight-volume analysis* atau analisis berat-volume. Analisis ini dilakukan dengan cara pengukuran

langsung jumlah sampah yang masuk melalui jembatan timbang TPA.

- Analisa Lokasi TPA eksisting

Evaluasi dilakukan berdasarkan data primer dan data sekunder yang telah dikumpulkan. Selain itu evaluasi dapat juga dilakukan dengan survey visual di lapangan.

2. Perencanaan

- Perencanaan Zona Pembuangan

Dalam tugas akhir ini, perencana menggunakan sistem *sanitary landfill* dengan metode trench. Hal ini sesuai dengan metode yang telah diterapkan pada sel eksisting. Sel landfill dengan metode trench ini dilakukan dengan cara penggalian untuk menyediakan zona pembuangan, yang selanjutnya akan dilanjutkan dengan penimbunan hingga beberapa meter sesuai desain yang direncanakan. Diperlukan data kontur berupa peta dalam merencanakan zona pembuangan untuk memperkirakan kedalaman galian, saluran drainase dan saluran lindi.

Dalam perencanaan zona pembuangan, dapat menggunakan rumus limas terpancung, sebagai berikut :

$$\text{Volume} = 1/3 h \times (La + Lb + (La.Lb)^{0,5}) \dots\dots\dots(3. 2)$$

Dimana :

La = Luas bagian atas

Lb = Luas bagian bawah

H = ketinggian

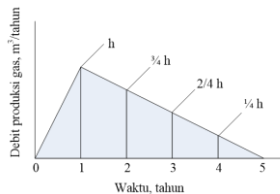
- Perencanaan Sistem Pelapisan Dasar

Dalam perencanaan *sanitary landfill* ini, inti dari sistem pelapisan dasar ini yaitu melindungi lingkungan agar tidak tercemar lindi dari sel landfill nantinya. Menurut Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan TPA sistem controlled landfill dan *sanitary landfill* oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 2006, sistem pelapisan dasar TPA *sanitary landfill* menggunakan tanah dengan permeabilitas rendah dipadatkan 3 x 30 cm, bila perlu menggunakan geomembran HDPE.

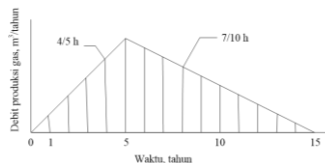
Menurut PerMen. PU No. 3 Tahun 2013, susunan lapisan dasar lahan urug saniter terdiri dari:

1. Lapisan tanah pelindung setebal minimum 30 cm;
 2. Di bawah lapisan tersebut terdapat lapisan penghalang dari geotekstil atau anyaman bambu, yang menghalangi tanah pelindung dengan media penangkap lindi;
 3. Media karpet kerikil penangkap lindi setebal minimum 15 cm, menyatu dengan saluran pengumpul lindi berupa media kerikil berdiameter 30 – 50 mm, tebal minimum 20 cm yang mengelilingi pipa perforasi 8 mm dari PVC, berdiameter minimal 150 mm. Jarak antar lubang (perforasi) adalah 5 cm. Di atas media kerikil.
- Perhitungan Produksi Gas

Metode yang digunakan dalam menentukan produksi gas landfill pada TPA yaitu dengan metode model segitiga produksi gas. Terdapat dua jenis sampah yang dibedakan dalam perhitungan ini, yaitu sampah cepat urai dan sampah lambat urai. Produksi gas untuk sampah cepat urai selama 5 tahun, sedangkan produksi gas untuk sampah lambat urai selama 15 tahun.



Gambar 4. 1 Produksi Gas Sampah Cepat Urai
Sumber : Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993)



Gambar 4. 2 Produksi Gas Sampah Lambat Urai
Sumber : Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993)

- Perencanaan Pemasangan Pipa Vent dan Unit Pengolahan Gas

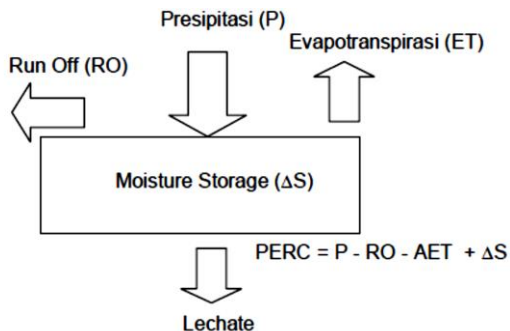
Menurut Tchobanoglous et al (2002), ada beberapa kriteria desain perpipaan vertikal pipa gas, antara lain :

- Pipa gas dengan casing PVC atau PE : 100- 150 mm
- Lubang bor berisi kerikil : 50 - 100 cm
- Perforasi pipa : 8 - 12 mm
- Kedalaman lubang bor : 80 %
- Jarak antara ventilasi vertikal : 25 – 50 m

Pipa ventilasi gas pada TPA *sanitary landfill* menurut Damanhuri et al (2006), menggunakan sistem vertikal dengan beronjog kerikil dan pipa, karpet kerikil setiap 5 m lapisan, dihubungkan dengan perpipaan recovery gas. Untuk recovery gas sendiri, dianjurkan untuk memanfaatkannya kembali menjadi bahan bakar.

- Perhitungan Produksi Lindi

Perhitungan Lindi menggunakan metode neraca air dari Thornwaite. Menurut Damanhuri (2008) metode ini didasari oleh asumsi bahwa lindi hanya dihasilkan dari curah hujan yang berhasil meresap masuk kedalam timbunan sampah. Beberapa sumber lain seperti hasil dekomposisi sampah dan aliran permukaan air lainnya dapat diabaikan.



Gambar 4. 3 Input-Output konsep neraca air

Sumber : Damanhuri (2008)

Dari skema di atas dapat menghasilkan persamaan sebagai berikut:

- $PERC = P - (RO) - (AE) - (\Delta ST) \dots\dots(1)$
- $I = P - (R/O) \dots\dots(2)$
- $APWL = \sum NEG (I - PE) \dots\dots(3)$
- $AE = (PE) + [(I - PE) - (\Delta ST)] \dots\dots(4)$

dimana :

PERC = perkolasi, air yang keluar dari sistem menuju lapisan di bawahnya, akhirnya menjadi leachate (lindi).

P = presipitasi.

RO = limpasan permukaan (surface run off) dari presipitasi serta koefisien limpasan

AE = aktual evaporasi, menyatakan banyaknya air yang hilang secara nyata.

ΔST = perubahan simpanan air dalam tanah dari waktu ke waktu, yang terkait dengan soil moisture storage

ST = Soil moisture storage, merupakan banyaknya air yang tersimpan dalam tanah pada saat keseimbangan

I = infiltrasi, jumlah air terinfiltrasi ke dalam tanah

APWL = accumulated potential water loss, merupakan nilai negatif dari (I-PET) yang merupakan kehilangan air secara kumulasi

$I - PE$ = nilai infiltrasi dikurang potensi evaporasi; nilai negatif menyatakan banyaknya infiltrasi air yang gagal untuk dipasok pada tanah, sedang nilai positif adalah kelebihan air selama periode tertentu untuk mengisi tanah.

PE = potensial evaporasi.

- Perencanaan Saluran Drainase

Saluran drainase di TPA ini berfungsi untuk mengalirkan air hujan. Menurut PerMen. PU No. 3 Tahun 2013 ada beberapa perhitungan yang dilakukan untuk merencanakan saluran drainase.

Kapasitas saluran dihitung dengan persamaan Manning

$$Q = 1 / n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

Q = debit aliran air hujan (m^3/det)

A = Luas penampang basah saluran (m^2)
 R = jari-jari hidrolis (m) S = kemiringan
 n = konstanta (0,5 - 0,6 ; tergantung pada kekasaran saluran)
 Pengukuran besarnya debit dihitung dengan persamaan
 sebagai berikut:

$$D = 0,278 C \cdot I \cdot A \text{ (m}^3/\text{det)} \dots\dots\dots(3. 4)$$

Dimana :

D = debit

C = angka pengaliran

I = intensitas hujan maksimum (mm/jam) A = luas daerah aliran
 (km^2)

- Perencanaan Sarana dan Prasarana lainnya Perencanaan ini meliputi :

- Zona penyangga

Zona penyangga berupa jalur hijau atau pagar tanaman yang berada di area TPA. Direncanakan jenis tanamannya merupakan tanaman perdu yang rimbun dan mudah tumbuh, seperti pohon sengon dan trembesi. Kerapatan pohon diatur dengan jarak 2-5 m. Hal tersebut sesuai anjuran yang terdapat pada PerMen. PU No. 3 Tahun 2013.

- Hangar

Hangar berfungsi sebagai tempat parker kendaraan operasional TPA seperti bulldozer dan truk. Bisa saja dilengkapi dengan area pencucian dan perbaikan kendaraan.

- Jalan Akses

Menurut Per.Men PU No. 3 Tahun 2013, Jalan akses TPA harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Dapat dilalui kendaraan truk sampah dan 2 arah
- Lebar jalan minimal 8 m, kemiringan permukaan jalan 2-3 % ke arah
- Saluran drainase, mampu menahan beban perlintasan dengan tekanan gandar 10 ton dan kecepatan kendaraan 30 km/jam (sesuai dengan ketentuan Ditjen Bina Marga)

- Jalan Operasi

Jalan operasi yang dibutuhkan dalam pengoperasian TPA terdiri dan 2 jenis, yaitu :

- Jalan operasi penimbunan sampah, jenis jalan bersifat temporer, setiap saat dapat ditimbun dengan sampah.
- Jalan operasi mengelilingi TPA, jenis jalan bersifat permanen dapat berupa jalan beton, aspal atau perkerasan jalan sesuai dengan beban dan kondisi tanah.
- Jalan penghubung antar fasilitas, yaitu kantor/pos jaga, bengkel, tempat parkir, tempat cuci kendaraan. Jenis jalan bersifat permanen.
- Gambar Desain TPA (*Sanitary landfill*)

Pembuatan gambar desain TPA meliputi gambar layout TPA, gambar denah dan potongan lahan penimbunan, gambar sistem penyaluran gas, gambar sistem penyaluran lindi, gambar sistem drainase, gambar fasilitas penunjang TPA (jalan operasi, jalan akses, zona penyangga, dan hanggar).

4.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dari tugas akhir yaitu membuat kesimpulan dan saran dari perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan berguna untuk menarik sebuah inti dari data yang telah diolah dalam bentuk perencanaan. Sedangkan saran berguna sebagai acuan untuk perencanaan selanjutnya.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Pemilihan Lokasi TPA Sampah

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI nomor 03 tahun 2013 telah diatur beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam rangka mencari daerah yang layak sebagai zona penempatan TPA, kriteria tersebut merupakan kriteria aspek:

- a. Geologi, yaitu tidak berada di daerah sesar atau patahan yang masih aktif, tidak berada di zona bahaya geologi misalnya daerah gunung berapi, tidak berada di daerah karst, tidak berada di daerah berlahan gambut, dan dianjurkan berada di daerah lapisan tanah kedap air atau lempung.
- b. Hidrogeologi, antara lain berupa kondisi muka air tanah yang tidak kurang dari tiga meter, kondisi kelulusan tanah tidak lebih besar dari 10^{-6} cm/detik, dan jarak terhadap sumber air minum lebih besar dari 100 m (seratus meter) di hilir aliran.
- c. Kemiringan zona, yaitu berada pada kemiringan kurang dari 20%.
- d. Jarak dari lapangan terbang, yaitu berjarak lebih dari 3000 m (tiga ribu meter) untuk lapangan terbang yang didarati pesawat turbo jet dan berjarak lebih dari 1500 m (seribu lima ratus meter) untuk lapangan terbang yang didarati pesawat jenis lain.
- e. Jarak dari permukiman, yaitu lebih dari 1 km (satu kilometer) dengan mempertimbangkan pencemaran lindi, kebauan, penyebaran vektor penyakit, dan aspek sosial
- f. Tidak berada di kawasan lindung/cagar alam.
- g. Bukan merupakan daerah banjir periode ulang 25 tahun.

Lokasi TPA Sampah yang direncanakan terletak di Dusun Paritan, Desa Wonokerto, Kecamatan Sukorejo. Posisi koordinat 7°38'26.80" LS dan 112 ° 45' 49.54" BT serta memiliki luas 4.5 hektar. Setelah melalui proses uji kelayakan yang telah dilakukan oleh pemerintah daerah maka didapat

Penentuan lokasi pengembangan TPA mengacu pada SNI 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA Sampah. . Ada beberapa parameter yang digunakan dari SNI di atas yang menjadi prinsip dalam menetapkan lokasi pengembangan TPA, sebagai berikut :

- 1) Parameter Umum
Parameter ini meliputi batas administrasi, status kepemilikan tanah, kapasitas lahan dan pola partisipasi masyarakat.
- 2) Parameter Fisika-Tanah
Parameter fisika tanah meliputi permeabilitas tanah, kedalaman akuifer, sistem aliran air tanah, pemanfaatan air tanah, ketersediaan tanah penutup.
- 3) Parameter Lingkungan Fisik
Parameter ini meliputi bahaya banjir, intensitas hujan, jalan akses, lokasi site, tata guna tanah, kondisi site, diversitas habitat, kebisingan dan bau, dan permasalahan estetika.

Tabel 5. 1 Scoring Alternatif Lokasi TPA Berdasarkan SNI 19-3241-1994

No	Parameter	Hasil
I. Umum		
1	Batas Administrasi	Lokasi terletak dalam wilayah administrasi Kabupaten Pasuruan
2	Pemilik hak asasi tanah	Sebagian milik perusahaan dan sebagian milik warga
3	Kapasitas Lahan	Dapat bertahan 3-5 Tahun
4	Partisipasi Masyarakat	Berdasarkan wawancara, semua masyarakat bersedia berpartisipasi jika digerakkan dari atas atau mendapat keuntungan dan kompensasi yang sesuai
5	Jumlah pemilik lahan	2-5 KK
II. Fisik		

No	Parameter	Hasil
1	Tanah	Lahan harga kelulusan > 10-6 cm/detik
2	Air tanah	Kedalaman rata-rata lebih dari 15 meter dengan harga kelulusan > 10-6 cm/det
3	Sistem Aliran Tanah	Recharge area dan discharge
4	Bahaya Banjir	Tidak ada bahaya banjir
5	Tanah Penutup	Ketersediaan tanah penutup sedikit
III. Lingkungan		
6	Intensitas Hujan	Intensitas hujan cukup tinggi
7	Jalan Menuju lokasi	Datar dengan kondisi kurang baik, namun dapat diatasi
8	Transport sampah satu jalur	Antara 30-60 menit dari centroid sampah
9	Lalu lintas	Terletak 0-500 m dari jalan umum
10	Tata Guna Lahan	Tidak ada dampak terhadap tata guna sekitar
11	Pertanian	Berlokasi dilahan tidak produktif
12	Daerah lindung/cagar alam	Tidak ada daerah lindung/cagar alam
13	Biologis	Tidak terdapat flora & fauna yang dilindungi
14	Kebisingan dan bau	Terdapat zona penyangga yang terbatas
15	Estetika	Operasi penimbunan tidak terlihat dari luar

Sumber : DLH Kabupaten Pasuruan, 2017

5.2 Proyeksi Penduduk

Penduduk merupakan salah satu sumber sampah yang paling besar di Kabupaten Pasuruan, selain dari beberapa fasilitas umum. Maka perlu dilakukan proyeksi penduduk sebagai prediksi jumlah penduduk di masa yang akan datang sesuai dengan jangka waktu perencanaan yaitu 10 tahun. Untuk melakukan proyeksi, diperlukan data jumlah penduduk beberapa tahun terakhir.

Langkah selanjutnya setelah mendapatkan data jumlah penduduk, dicari tau standar deviasi nya. Dari standar deviasi ini akan diketahui batas atas dan batas bawah dari persentase pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun (Tabel 5.2)

Tabel 5. 2 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Pasuruan

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk	
		Jiwa	%
2006	1461321	0	0
2007	1470044	8723	0,130
2008	1471564	1520	0,112
2009	1475365	3801	0,258
2010	1516492	41127	1,708
2011	1520978	4486	0,296
2012	1531025	10047	0,661
2013	1556700	25675	1,677
2014	1569507	12807	0,823
2015	1581787	12280	0,782
2016	1593683	11896	0,752
Rata-rata			0,893
Standar Deviasi			0,855
Batas Atas Data			1,748
Batas Bawah Data			-0,038

Sumber : BPS Kabupaten Pasuruan, 2017

Setelah mendapatkan standar deviasi, diketahui bahwa tidak ada persentase pertumbuhan penduduk yang melebihi batas atas dan bawah data.

Selanjutnya, data penduduk yang ada diproyeksikan dengan 3 metode, yaitu metode aritmatik, geometrik, dan least square yang terdapat pada lampiran A.

Dari ketiga metode tersebut, dipilih metode yang nilai r nya mendekati nilai 1, yaitu metode Least Square. Selanjutnya metode Least Square ini akan digunakan untuk perhitungan proyeksi penduduk selama 10 tahun ke depan. Berikut rumus metode Least Square yang digunakan:

$$P_n = a + b.t \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

Dimana:

- P_n = jumlah penduduk tahun ke n
- t = tambahan tahun terhitung dari tahun dasar
- $a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) + (\sum x)(\sum xy)}{\{n(\sum x^2) + (\sum x)^2\}}$
- $b = \frac{\{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)\}}{\{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}}$

Tabel 5. 3 Proyeksi Penduduk

Tahun	n	a	b	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2008	1	1.456.109	15.825	1.471.564
2009	2			1.475.365
2010	3			1.516.492
2011	4			1.520.978
2012	5			1.531.025
2013	6			1.556.700
2014	7			1.569.507
2015	8			1.581.787
2016	9			1.593.683
2017	10			1.614.358
2018	11			1.630.183
2019	12			1.646.008
2020	13			1.661.833

Tahun	n	a	b	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2021	14			1.677.658
2022	15			1.693.482
2023	16			1.709.307
2024	17			1.725.132
2025	18			1.740.957
2026	19			1.756.782
2027	20			1.772.607
2028	21			1.788.432

5.3 Proyeksi Fasilitas Umum

Proyeksi fasilitas merupakan sesuatu yang mutlak diperlukan untuk merencanakan TPA sampah karena sampah yang dihasilkan dari fasilitas umum juga turut andil dalam meningkatnya kapasitas TPA sampah. Selain perkembangan penduduk yang semakin tahun semakin meningkat, maka berbanding lurus dengan bertambahnya pula fasilitas yang diperlukan.

Untuk menghitung banyaknya fasilitas pada tahun rencana yang akan datang, dicari dengan membandingkan jumlah fasilitas tahun 2018 (fasilitas sekarang) dengan jumlah fasilitas tahun yang direncanakan sama dengan jumlah penduduk tahun 2018 (jumlah penduduk sekarang) dengan jumlah penduduk tahun yang direncanakan, atau dapat ditulis dengan pendekatan :

$$(\sum P_n)/(\sum P_o) = (\sum F_n)/(\sum F_o) \dots\dots\dots (5.2)$$

Dimana :

- P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n
- P_o = Jumlah penduduk tahun awal
- F_n = Jumlah fasilitas tahun ke-n
- F_o = Jumlah fasilitas tahun awal

Berikut adalah data fasilitas umum pada tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Fasilitas Umum yang Terlayani

No	Kecamatan	Fasilitas RSUD	Fasilitas Pasar	Industri
1	Purwodadi	0	1	23
2	Kejayan	0	0	
3	Purwosari	1	1	
4	Prigen	1	0	
5	Sukorejo	0	1	
6	Pandaan	1	1	
7	Gempol	1	1	
8	Beji	0	1	
9	Bangil	2	1	
10	Rembang	0	0	
11	Kraton	0	0	
12	Pohjentrek	0	1	
Total		6	8	23

Sumber: BPS Kabupaten Pasuruan dalam Angka, 2017

Setelah didapat data fasilitas umum, maka dapat diproyeksikan jumlah fasilitas. Contoh perhitungannya sebagai berikut:

- Jumlah Fasilitas RSUD Kecamatan Purwosari tahun 2016 = 1 unit
- Jumlah penduduk pada tahun 2016 = 84.146 jiwa
- Jumlah penduduk Kecamatan Purwosari = 84.970 jiwa pada tahun 2017
- Jumlah Fasilitas RSUD Kecamatan Purwosari tahun 2017
 $= 84.790 / 84.146 \times 1 = 1,007 \sim 1 \text{ Unit}$

Maka Fasilitas RSUD pada Kecamatan Purwosari tidak bertambah.

5.4 Hasil **Sampling** Densitas dan Komposisi Sampah

Densitas dan komposisi sampah diketahui setelah melakukan sampling di TPA sesuai prosedur dalam SNI 19-3964-

1994. Sampling dilakukan selama 8 hari di TPA Kenep, Kecamatan Beji, Kabupaten Pasuruan, dimulai pada tanggal 4 April 2018 sampai dengan tanggal 12 April 2018.

Sampah diambil dari kendaraan pengangkut sampah berupa tossa sebanyak 100 kg. Kemudian sampah tersebut ditumpahkan dan lalu dikumpulkan seberat 100 kg. Setelah didapatkan sampah 100 kg, sampah dimasukkan ke kotak densitas 500 liter untuk diketahui volume nya. Setelah itu sampah dipilah berdasarkan komposisinya. Komponen (komposisi) sampah yang didapat dari pemilahan, diukur berat dan volume nya. Setelah didapatkan berat dan volume nya, maka dapat diketahui tingkat densitas komponen sampah. Densitas sampah Kabupaten Pasuruan sebesar $166,8 \text{ kg/m}^3$, dan untuk komposisi sampah dapat dilihat pada Tabel 5.5. Hasil perhitungan selengkapnya tentang densitas dan komposisi sampah beserta dokumentasinya berada pada lembar lampiran B.

Tabel 5. 5 Komposisi Sampah Kabupaten Pasuruan

Komposisi	Persentase
Sampah sisa makanan	18%
Sampah Daun-daun	48%
Kayu	2%
Kertas, Kardus	4%
Kain/Tekstil	1%
Karet/Kulit	0.5%
Plastik	19%
Logam	0.3%
Gelas/Kaca	1%
Dan lain-lain	6%

5.5 Perhitungan Laju Timbulan

Pengukuran timbulan sampah di TPA Kenep menggunakan metode *Load Count Analysis* dengan waktu pengamatan selama 8 hari di TPA. Metode ini dilakukan dengan cara mencatat volume truk sampah atau kendaraan pengangkut sampah yang mengangkut sampah di satu TPS (Tabel 5.6). Hasil rata-rata nya kemudian dibagi dengan data jumlah penduduk yang dilayani oleh truk atau kendaraan tersebut pada tahun 2018. Pada pengamatan ini dipilih kendaraan yang mengangkut sampah dari TPS Kalirejo yang dimana jumlah penduduk kelurahan kairejo yaitu 4780 jiwa. Jumlah Timbulan sampah per orang/hari nya akan didapatkan dari hasil perhitungan tersebut. Persentase pelayanan sampah di direncanakan sesuai dengan Perda Kabupaten Pasuraun no 12 tahun 2012 tentang RTRW, yaitu total 12 kecamatan yang dilayani dari 24 kecamatan dan apabila dipersentasekan terlayani sebesar 25%. Tingkat reduksi eksisting pada tahun 2016 yaitu sebesar 1,19% dan direncanakan terjadi kenaikan 3,2% setiap. Densitas sampah menggunakan hasil sampling timbulan sampah yaitu 166,84 kg/m³. Sedangkan untuk densitas sampah terkompaksi di sel, menggunakan kemampuan kompaksi dozer di sel TPA sebesar 600 kg/m³ (Damanhuri, 2008). Proyeksi timbulan sampah dapat dilihat di lampiran C.

Tabel 5. 6 Hasil Sampling Timbulan Sampah Domestik
TPA Kabupaten Pasuruan

Hari/Tanggal	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	Berat (Kg)
Rabu, 4 April 2018	4,8	145,66	699,16
Kamis, 5 April 2018	4	210,97	843,89
Jumat, 6 April 2018	4,9	151,89	744,28
Sabtu, 7 April 2018	4,9	205,19	1005,43
Senin, 9 April 2018	4,7	163,16	766,83
Selasa, 10 April 2018	4,7	153,61	721,98
Rabu, 11 April 2018	4,8	161,55	775,42
Kamis, 12 April 2018	4,9	142,65	699

Hari/Tanggal	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	Berat (Kg)
Rata-rata	4,713	166,84	782

Rata-rata timbulan sampah per hari = 782 kg

$$= 4,713 \text{ m}^3$$

- Jumlah penduduk Kelurahan Kalirejo = 4780 Jiwa
- Timbulan sampah per orang per hari = 0,165 kg/orang/hari
= 0,001 m³/orang/hari

Untuk perhitungan timbulan sampah non domestik, laju timbulan tiap fasilitas umum didapat sebagai berikut, untuk perhitungan besar timbulan sampah terdapat di lampiran D

Tabel 5. 7 Hasil Sampling Timbulan Sampah nonDomestik TPA Kabupaten Pasuruan

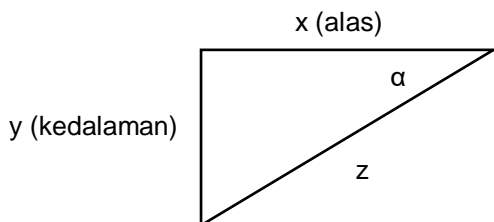
No	Sumber Sampah	Timbulan Sampah (kg/fasum/hari)	Timbulan Sampah (m ³ /fasum/hari)
1	RSUD	521.4	3.1
2	Pasar	377.8	2.3
3	Industri	254.8	1.5

5.6 Perencanaan Sel *Sanitary Landfill*

5.6.1 Rencana Galian di Sel *Landfill*

Pada perencanaan TPA Sampah ini menggunakan metode trench yang membutuhkan galian tanah sebagai tempat penimbunan sampah. Menurut PerMen nomor 13 tahun 2013 bahwa kemiringan timbunan sampah maksimal sebesar 30°. Berikut perhitungan dan sketsa (gambar 5.1) zona penimbunan sampah dibawah tanah :

- Rencana kedalaman lift (y) = 2 m
- $\alpha = 30^\circ$



Gambar 5. 1 Sketsa Kemiringan Galian

Sehingga didapat panjang x sebesar :

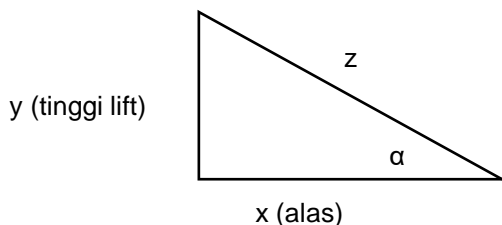
- $\tan \alpha = \frac{y}{x}$
- $\tan 30^\circ = 0,577$
- $0,577 = \frac{2\text{ m}}{x}$
- $X = 2\text{ m} / 0,577 = 3,46\text{ m}$
- $\sin \alpha = \frac{y}{z}$
- $\sin 30 = 0,5$
- $z = y / \sin \alpha$
- $z = 2\text{ m} / 0,5 = 4\text{ m}$

5.6.2 Rencana Timbunan Sampah Sel *Landfill*

Perencana merencanakan setiap lift sel mempunyai tinggi 2m. Untuk memenuhi standar sanitary landfill, dilakukan juga pengurugan sampah setiap hari dengan tanah penutup. Berikut perhitungan zona timbunan sampah di atas permukaan tanah :

- Rencana tinggi lift (y)=1,5 m
- Area jalan operasi = 1 m

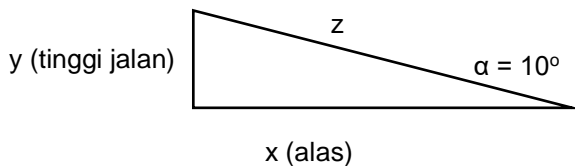
Sehingga
didapat
panjang x
sebesar :



Gambar 5. 2 Sketsa Kemiringan Timbunan

- $\tan \alpha = \frac{y}{x}$
- $\tan 30^\circ = 0,577$
- $0,577 = \frac{1,5 \text{ m}}{x}$
- $X = 1,5 \text{ m} / 0,577 = 2,6 \text{ m}$
- $\sin \alpha = \frac{y}{z}$
- $\sin 30^\circ = 0,5$
- $z = y / \sin \alpha$
- $z = 1,5 \text{ m} / 0,5 = 3 \text{ m}$

Jalan operasi untuk area penimbunan dan galian direncanakan kemiringan medan 10° untuk memudahkan alat berat yang melintas, sehingga panjang jalan masuk nya dapat diketahui dari perhitungan dan sketsa (Gambar 5.3) sebagai berikut :



Gambar 5. 3 Sketsa Kemiringan Jalan Operasi

- $\sin \alpha = \frac{y}{z}$
- $\sin 10^\circ = 0,173$
- $0,173 = \frac{1,5 \text{ m}}{z}$
- $z = 1,5 \text{ m} / 0,173 = 8,6 \text{ m} \sim 9 \text{ m}$
- $\cos \alpha = \frac{x}{z}$
- $\cos 10^\circ = x / 8,6$
- $x = z / \sin \alpha$
- $z = 8,6 \text{ m} / \cos 10^\circ = 8,7 \text{ m} \sim 9 \text{ m}$

5.6.3 Perhitungan Kapasitas Sel *Sanitary Landfill*

Perhitungan kapasitas sel dengan cara menghitung volume tiap lift menggunakan rumus limas terpancung (persamaan 5.3). Hasil perhitungan kapasitas zona terdapat pada tabel

perhitungan kapasitas di lampiran K, didapatkan kapasitas zona 1 sebesar 143.732,25 m³ dan kapasitas zona 2 sebesar 141.843,73 m³.

$$V \text{ lift} = 1/3 \times h (La + Lb + (La.Lb)^{1/2}) \dots\dots\dots (5.3)$$

di mana :

h = tinggi lift (m)

La = lebar sisi atas lift (m)

Lb = lebar sisi bawah lift (m)

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran K.

5.6.4 Perhitungan Kebutuhan Tanah Penutup

Menurut PerMen. PU No. 3 Tahun 2013 tahapan penutupan tanah untuk lahan urug saniter terdiri dari penutupan tanah harian (setebal 15-20 cm), penutupan antara (setebal 30-40 cm) dan penutupan tanah akhir (setebal 50-100 cm, bergantung pada rencana peruntukan bekas TPA nantinya). Perhitungan kebutuhan tanah penutup menggunakan rumus :

$$\% \text{ Kebutuhan tanah penutup} = (\text{tebal tanah penutup/tinggi lift}) \times 100\% \dots\dots\dots (5.3)$$

$$\text{Kebutuhan tanah penutup} = \% \text{ kebutuhan tanah penutup} \times \text{volume lift} \dots\dots\dots (5.4)$$

Contoh perhitungan kebutuhan tanah penutup antara pada lift 1 zona 1:

tinggi lift = 1,5 m ; tebal tanah penutup = 30 cm ; volume lift = 22.614,75 m³

- % Kebutuhan tanah penutup =
(tebal tanah penutup/tinggi lift) x 100%
= (0,3 m/1,5 m) x 100%) = 20%
- Kebutuhan tanah penutup =
% kebutuhan tanah penutup x volume lift
= 20% x 22.614,75 m³ = 4522.95 m³

Contoh perhitungan kebutuhan tanah penutup harian pada tahun 2018

- tinggi timbunan sampah per hari = 0,5 m ; tebal tanah penutup = 0,15 m
- % Kebutuhan tanah penutup =

$$(\text{tebal tanah penutup/tinggi timbunan sampah}) \times 100\% \\ = (0,15 \text{ m}/0,5 \text{ m}) \times 100\% = 30\%$$

- Kebutuhan tanah penutup =
% kebutuhan tanah penutup x volume lift
= 30% x 168 m³ = 50,38 m³

Hasil perhitungan kebutuhan tanah penutup antara dapat dilihat di Tabel 5.8, sedangkan kebutuhan tanah penutup harian dapat dilihat di Tabel 5.9

Tabel 5. 8 Kebutuhan tanah penutup antara

Lift	Volume lift (m ³)	Persentase kebutuhan tanah penutup	Kebutuhan Tanah Penutup (m ³)
Galian	30222	20%	6044,4
Lift 1	22614,7	20%	4522,9
Lift 2	19933,5	20%	3986,7
Lift 3	17402,2	20%	3480,4
Lift 4	15022,5	20%	3004,5
Lift 5	12792,7	20%	2558,5
Lift 6	10713	20%	2142,6
Lift 7	8784	20%	1756,8
Lift 8	6247,5	20%	1249,5
Total			27496,95

Tabel 5. 9 Kebutuhan Tanah Penutup Harian

Tahun	Volume timbunan sampah per hari (m ³)	Persentase kebutuhan tanah penutup	Kebutuhan Tanah Penutup harian per hari (m ³)	Kebutuhan Tanah Penutup harian untuk setahun (m ³)
2018	168	30%	50,38	18388,78
2019	164	30%	49,22	17965,98
2020	160	30%	48,03	17531,62

Tahun	Volume timbunan sampah per hari (m ³)	Persentase kebutuhan tanah penutup	Kebutuhan Tanah Penutup harian per hari (m ³)	Kebutuhan Tanah Penutup harian untuk setahun (m ³)
2021	156	30%	46,81	17085,7
2022	152	30%	45,56	16628,21
2023	148	30%	44,27	16159,16
2024	144	30%	43,16	15754,81
2025	141	30%	42,41	15479,83
2026	137	30%	41,00	14966,36
2027	132	30%	39,56	14441,1
2028	127	30%	38,09	13904,06
Total				178305,6

5.7 Perhitungan Masa Pakai TPA

Untuk menghitung masa pakai TPA Sampah dapat dihitung dengan membandingkan volume sampah yang akan ditimbun di TPA dengan kapasitas sel yang tersedia. Contoh perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut :

Perhitungan tahun pertama (2018) yang direncanakan :

- Volume Sampah Setelah dipadatkan di Zona TPA
 = Timbunan Sampah per tahun x (faktor kompaksi)
 = $497 \text{ m}^3/\text{hari} \times (166,8/600) \text{ kg/ m}^3$
 = $140 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Volume tanah penutup
 = $20\% \times 140 \text{ m}^3/\text{hari} = 28 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Total Volume sampah dan tanah penutup (timbunan)
 = $140 \text{ m}^3/\text{hari} + 28 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = $168 \text{ m}^3/\text{hari} \times 365 \text{ hari}$
 = $61.296 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Masa pakai =
 = volume kumulatif timbunan / volume kumulatif kapasitas zona
 = $61.296 \text{ m}^3/\text{tahun} / 285.576 \text{ m}^3$

= 0,21 diroundup menjadi 1

Hasil perhitungan masa pakai tersebut selanjutnya dilakukan rumus roundup pada microsoft excel. Batas nilai yang diijinkan yaitu 1 untuk hasil roundup. Jika lebih dari itu, maka zona TPA melebihi masa pakainya. Masa pakai TPA terhitung selama 4 tahun (2018-2021). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 5. 10 Masa Pakai TPA

Tahun	Total timbunan yang diakumulasikan (m³/tahun)	Akumulasi Volume Zona 1 dan 2 (m³)	Zona TPA	Zona TPA (roundup)
2018	61.296	285576	0,21	1
2019	121.183	285576	0,42	1
2020	179.621	285576	0,63	1
2021	236.574	285576	0,83	1
Lahan TPA penuh pada tahun 2021				
2022	292.001	285576	1,02	2
2023	345.865	285576	1,21	2
2024	398.381	285576	1,40	2
2025	449.980	285576	1,58	2
2026	499.868	285576	1,75	2
2027	548.005	285576	1,92	2
2028	594.352	285576	2,08	3

Pada tahun 2021, TPA Sampah akan penuh dikarenakan kapasitas sampah yang sudah mencapai batas kapasitas zona penimbunan. Maka sisa volume yang belum tertampung adalah volume sampah dari tahun 2022 sampai 2028 sebesar 357.778 m³
Luas tambahan yang diperlukan :

Volume sampah = 357.778 m³

Tinggi rencana = 12 m

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{Volume} \times \text{tinggi} \\
 &= 357.778 \text{ m}^3 \times 12 \text{ m} \\
 &= 27.521,5 \text{ m}^2 \\
 &= 2,75 \text{ Ha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas setelah dikali } \textit{safety factor} &= 2,75 \text{ ha} \times 1,2 \\
 &= 3,3 \text{ ha}
 \end{aligned}$$

Jadi, dibutuhkan tambahan lahan untuk TPA Sampah Kabupaten Pasuruan sebesar 3,3 ha sehingga dapat menampung timbunan sampah sampai tahun 2028.

5.8 Daya Dukung Tanah

Perlu diketahui daya dukung tanah untuk mengetahui apakah tanah di TPA tersebut dapat menampung beban dari timbunan sampah, perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya dukung tanah} &= \frac{\text{Jumlah lift} \times \text{tinggi lift} \times \text{densitas sampah}}{1000} \\
 &= \frac{8 \times 1,5 \text{ m} \times 600 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/ton}} = 7,2 \text{ ton / m}^2
 \end{aligned}$$

Maka tanah pada lokasi tersebut harus mampu menahan beban sebesar 7,2 ton setiap m². Data sondir dan boring seharusnya dibutuhkan pada perhitungan ini namun data tersebut tidak tersedia. Namun menurut (Santoso, *et al.*, 2012) daya dukung tanah di Kota pasuruan dimana 1,5-2 kg/cm² jika dikonversi menjadi 15-20 ton/m², jika berdasarkan daya dukung tanah pada jurnal tersebut maka beban sampah dapat ditahan oleh daya dukung tanah.

5.9 Perhitungan Gas Produksi *Landfill*

Dalam tiap penimbunan sampah, pasti terdapat proses degradasi sampah yang terjadi saat sampah sudah ditimbun. Dari proses inilah, timbul gas dan lindi yang perlu dikelola agar TPA bisa maksimal dan pencemarannya dapat dikontrol dengan baik oleh pihak pengelola. Proses degradasi ini terbagi menjadi 2 macam berdasarkan komposisinya. Berikut adalah tabel komposisi dan jenis degradasi dari tiap komposisi.

Tabel 5. 11 Tabel Degradasi Berdasarkan Komposisi Sampah

Jenis Sampah	Cepat terurai	Lambat terurai
Sampah makanan	V	
Daun-daun	V	
Kertas	V	
Tekstil		V
Karet		V
Plastik		V
Kulit		V
Kayu		V
Kaca		V
Lain-Lain		V

Sumber: Tchobanoglous, 1993

Pada setiap timbunan sampah mempunyai mempunyai nilai C, H, O, N, S, dan ash serta kadar airnya berat sampah tiap komponen sampah didapat dari sampling komposisi sampah di TPA. Nilai persentase kadar air didapat dari nilai tipikal Tchobanoglous et al (1993), sehingga tingkat kelembapan sampah di TPA sebesar 57%. Kadar air berfungsi untuk mendapatkan berat kering setiap komponen sampah. Berat kering sampah berguna untuk menghitung kandungan C, H, O, N, S, dan ash setiap komponen sampah. Komposisi sampah beserta kadar air dan kandungan C, H, O, N, S, dan ash dapat dilihat pada tabel di lembar lampiran P. Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk mengetahui kandungan C, H, O, N, S, dan ash pada komponen sampah, pada perhitungan ini memakai contoh komposisi sampah makanan :

Berat sampah kertas = 0.185 kg.
 Persentase kadar air kertas = 70%
 Berat kering sampah kertas = berat sampah kertas - (Berat sampah kertas x persen kadar air)
 Berat kering sampah kertas = 0.185 kg – (0.185 kg x 70%)
 = 0,0554 kg
 Kandungan C = 48% x Berat kering sampah

	= 48% x 0,0554 kg
	= 0,027 kg
Kandungan H	= 6,4% x Berat kering sampah
	= 6,4% x 0,0554 kg
	= 0,004 kg
Kandungan O	= 37,6% x Berat kering sampah
	= 37,6% x 0,0554 kg
	= 0,021 kg
Kandungan N	= 2,6% x Berat kering sampah
	= 2,6% x 0,0554 kg
	= 0,001 kg
Kandungan S	= 0,4% x Berat kering sampah
	= 0,4% x 0,0554 kg
	= 0,0002 kg
Kandungan Ash	= 5% x Berat kering sampah
	= 5% x 0,0554 kg
	= 0,003 kg

Selanjutnya sampah cepat terurai dan sampah lambat terurai dihitung secara terpisah karena proses degradasi berbeda. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan total mol C, H, O, N, dan S pada kedua jenis sampah tersebut. Perhitungan total mol didapat dari pembagian kandungan C, H, O, N, dan S dengan berat molekul masing-masing kandungan (Tabel 4.9).

Tabel 5. 12 Perhitungan Total Mol

	C	H	O	N	S
Ar	12.01	1.01	16	14.01	32.06
Total Mol					
Cepat Terurai	0,01124	0,01720	0,00748	0,00014	0,00003
Lambat Terurai	0,01159	0,01670	0,00342	0,00014	0,00000

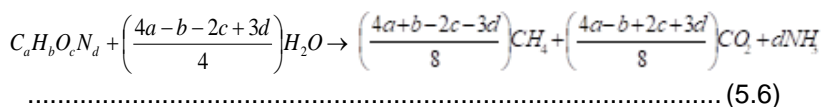
Contoh Perhitungan :
 Berat molekul = 12,01
 Sampah cepat urai

$$\begin{aligned}\text{Total mol C} &= \frac{\text{Berat total C sampah cepat urai}}{\text{Berat Molekul}} \\ &= \frac{0,135}{12,01} \\ &= 0,01124\end{aligned}$$

Sampah lambat urai

$$\begin{aligned}\text{Total mol C} &= \frac{\text{Berat total C sampah cepat urai}}{\text{Berat Molekul}} \\ &= \frac{0,13918}{12,01} \\ &= 0,0116\end{aligned}$$

Pembentukan Gas dan lindi bergantung pada komposisi sampah yang ditimbun. Timbulan gas landfill akan dihitung berdasarkan berat kering masing-masing komposisi sampah, dimana persamaan timbulannya diperoleh dari persamaan kimia sebagai berikut:



Setelah didapat total mol untuk masing-masing unsur, maka dapat diketahui rumus kimia sampah dengan membagi nilai masing-masing unsur dengan nilai nitrogen, sehingga didapat nilai pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Rumus Kimia Sampah

Komposisi	C	H	O	N
Sampah Cepat urai	81	124	54	1
Sampah Lambat Urai	84	121	25	1

Rekapitulasi hasil perhitungan rumus kimia diatas dapat dilihat pada Tabel 5.14

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Perhitungan Rumus Kimia Sampah

Komponen	Cepat Terurai	Lambat Terurai	Mr	
a	81	84	1979	1544
b	124	121		
c	54	25		

Komponen	Cepat Terurai	Lambat Terurai	Mr	
d	1	1		
H ₂ O	24	42	430	1938
CH ₄	42	51	678	3290
CO ₂	39	33	1714	972
NH ₃	1	1	17	80

Sehingga diperoleh reaksi stoikiometri dari proses dekomposisi sampah cepat terurai dan lambat terurai dari TPA Bettet adalah sebagai berikut :

Cepat terurai:



Lambat terurai:



Menurut Tchobanoglous et al. (1993), Specific Weight CH₄ (Metan) = 0,0448 lb/ft³ atau 0,718 kg/m³, sedangkan Specific Weight CO₂ (karbondioksida) = 0,1235 lb/ft³ atau 1,978 kg/m³. Kedua gas tersebut (CH₄ dan CO₂) yang akan digunakan dalam perhitungan gas selanjutnya karena kedua CH₄ dan CO₂ merupakan gas yang paling banyak terdapat dari proses dekomposisi sampah di TPA. Selanjutnya dilakukan perhitungan gas yang terbentuk pada masing-masing jenis sampah, sebagai berikut :

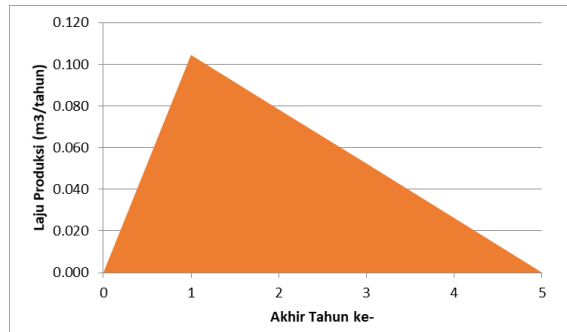
- Sampah cepat urai

Gas Metan yang terbentuk sebesar 0,1364 m³ dan karbondioksida yang terbentuk sebesar 0.1252 m³, semua gas dihasilkan per 1 kg. Total gas yang diproduksi oleh sampah cepat urai adalah 0,26 m³/kg. Pada sampah cepat urai akan terbentuk gas selama sampai 5 tahun.. Perhitungan gas menggunakan model produksi gas segitiga, produksi gas terjadi alam waktu 5 tahun.

Pada tahun ke-nol gas belum terbentuk, puncak gas terbentuk pada tahun pertama, selanjutnya menurun sampai tahun kelima. Hasil perhitungan produksi gas

dapat dilihat pada Tabel di Lampiran E. Contoh perhitungan kecepatan produksi gas pada tahun ketiga:

- Total timbulan gas = $0,26 \text{ m}^3/\text{kg}$
- Total timbulan gas = $\frac{1}{2} \times 5 \times h$
- $0,26 \text{ m}^3/\text{kg}$ = $\frac{1}{2} \times 5 \times h$
- h = $0,105 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Tahun pertama = $0,5 \times h$
= $0,052 \text{ m}^3/\text{tahun}$



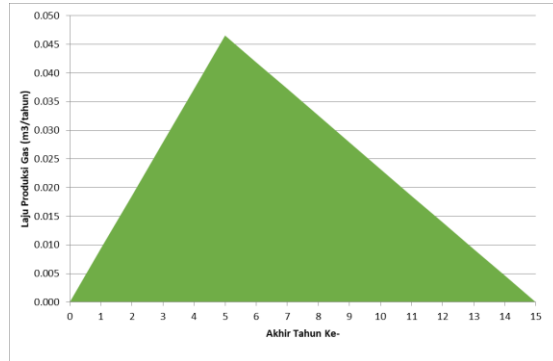
Gambar 5. 4 Laju Produksi Gas Sampah Cepat Urai

- Sampah lambat urai

Gas Metan yang terbentuk sebesar $0,21 \text{ m}^3$ dan karbonoksida yang terbentuk sebesar $0,14 \text{ m}^3$. Jumlah kedua gas per 1 kg sampah sebesar $0,35 \text{ m}^3$. Perhitungan produksi gas menggunakan metode model produksi gas segitiga, yang mana sampah lambat urai dapat terbentuk gas selama 15 tahun. Gas belum terbentuk pada tahun ke nol, puncak produksi gas untuk sampah lambat urai terdapat pada tahun kelima, setelah tahun kelima sampai tahun kelimabelas mengalami penurunan produksi gas. Hasil perhitungan produksi gas sampah lambat urai dapat dilihat pada Tabel di lampiran E.

- Total timbulan gas = $0,35 \text{ m}^3/\text{kg}$
- Total timbulan gas = $\frac{1}{2} \times 15 \times h$
- $0,35 \text{ m}^3/\text{kg}$ = $\frac{1}{2} \times 15 \times h$
- h = $0,05 \text{ m}^3/\text{tahun}$

- Tahun pertama $= 1/5 \times h$
 $= 0,009 \text{ m}^3/\text{tahun}$



Gambar 5. 5 Laju Produksi Gas Sampah Lambat Urai

Setelah mendapat laju produksi gas dari perhitungan di atas, selanjutnya dikorelasikan dengan umur operasional TPA berdasarkan kapasitas sel dan jumlah sampah yang masuk ke TPA. Perhitungannya dapat dilihat pada lampiran E.

5.9.1 Perhitungan LandGEM Model

Perhitungan produksi gas menggunakan *LandGEM Model* versi 3.02 dari US EPA (2005). Terdapat 2 tipe permodelan yaitu *CAA default* dan *Inventory default*. Analisa menggunakan pendekatan mengacu pada literatur dengan kemiripan kondisi iklim. LandGEM model menggunakan persamaan kintetika orde satu sebagai berikut:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_0 \left(\frac{M_i}{10}\right) e^{-kt_{ij}}$$

dimana :

L_0 = potensi kapasitas produksi metana ($\text{m}^3/\text{Megagram}$)

k = laju produksi gas metana (tahun^{-1})

t = umur TPA (tahun)

M_i = jumlah sampah yang masuk ke TPA pada tahun i (ton)

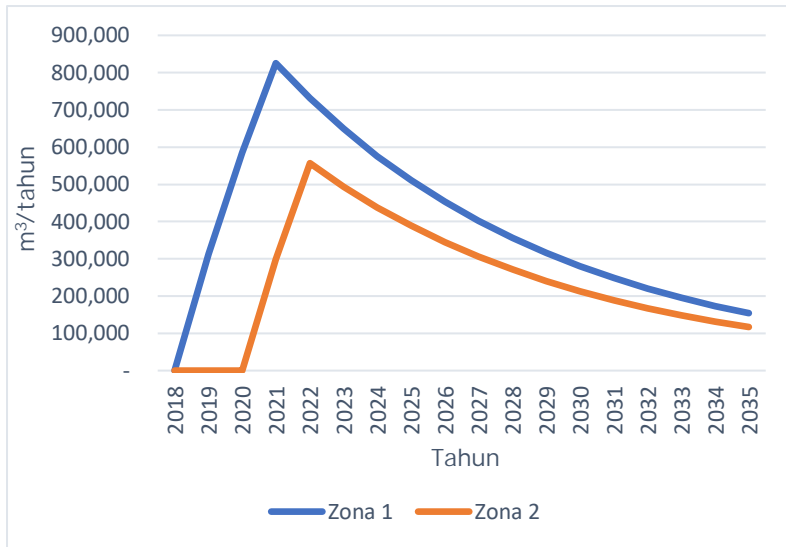
i = 1-tahun operasional

Nilai L_0 dan k sangat mempengaruhi hasil perhitungan. Perhitungan menggunakan nilai dengan pendekatan kuantitatif

yang hampir mendekati kondisi TPA Kabupaten Pasuruan. Input yang digunakan dalam LandGEM sebagai berikut:

- a. TPA beroperasi 2018-2019 untuk zona 1 dan 2020-2021 untuk zona 2
- b. $L_0 = 100 \text{ m}^3/\text{Megagram}$ dipilih
Dipilih metode Inventory Conventional (Wang et al, 2013; Gaur et al., 2010). Merepresentasikan tipe dan komposisi sampah khususnya selulosa, semakin besar kandungan selulosa maka semakin besar nilai L_0
- c. $K = 0,12$
Pendekatan berdasarkan tipologi Florida (USA) yang memiliki curah hujan bulanan 80-127 mm dan beriklim tropik (Wang et al, 2013). Nilai k merepresentasikan kadar air, pH, temperatur dan ketersediaan nutrisi untuk iklim tropik dengan kelembaban tinggi.
- d. Perbandingan Metana dan karbondioksida 50%:50% (El-Fadel et al, 1997).

Input diatas di *running* menggunakan *LandGEM Model* 3.02 dan memperoleh tabulasi output yang dapat dilihat pada Lampiran R. Prinsip pemodelan *LandGEM Model* adalah kenaikan gas metana dari tahun mulai menerima sampah hingga terakhir menerima sampah terjadi secara linear, kemudian setelah TPA tidak menerima sampah lagi maka gas yang dihasilkan akan menurun paralel dengan proses dekomposisi sampah. Interpretasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 5.6



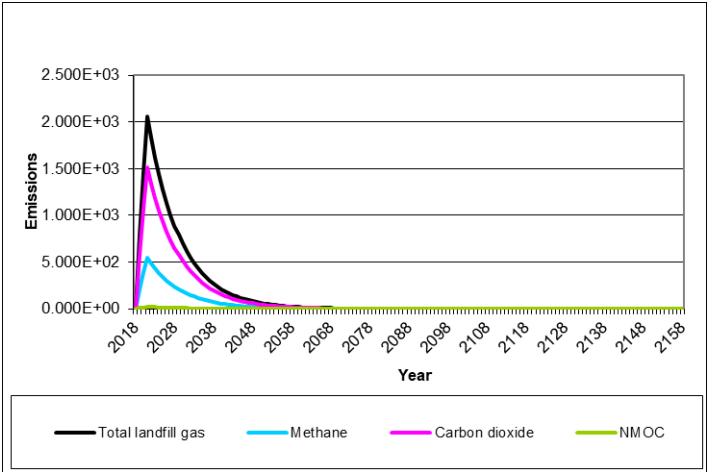
Gambar 5. 6 Produksi Gas Total di Zona 1 dan Zona 2 dengan *LandGEM Model*

Gambar 5.6 menunjukkan zona 1 pada tahun 2021 dan zona 2 pada tahun 2022 jumlah gas yang dihasilkan mencapai puncaknya dan kemudian menurun secara linear terhadap waktu. Hal ini disebabkan sampah yang memproduksi gas sudah tidak bertambah lagi dan proses yang terjadi di sel sampah berupa metanogenesis yaitu proses pembentukan gas metana akibat proses anaerob. Seiring waktu, bakteri pengurai akan mendegradasi sampah dan gas yang dihasilkan akan menurun karena sampah sudah banyak terurai.

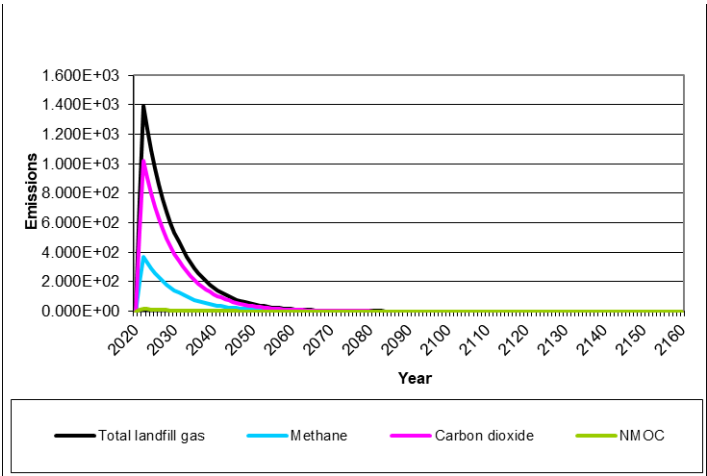
Produksi gas metana maksimal yang dihasilkan untuk zona 1 terjadi pada tahun 2021 yaitu sebesar 825.305 m³. Untuk zona 2 memiliki produksi tertinggi di tahun 2022 yaitu sebesar 556.878 m³. Gas yang dihasilkan dari degradasi sampah jika tidak dimanfaatkan atau langsung dilepaskan maka akan menjadi emisi gas dan secara tidak langsung meningkatkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

Pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 menunjukkan bahwa LandGEM Model mengasumsikan bahwa produksi gas CO₂ sama dengan produksi gas CH₄ dan produksi gas landfill adalah dua kali lipat dari emisi CH₄ sesuai dengan input yang dimasukkan perbandingan CO₂ dan CH₄ adalah 50%:50%. Kurva gas merana

dan gas karbondioksida saling berhimpitan dikarenakan besaran produksi gasnya sama.



Gambar 5. 7 Produksi Gas Total, Gas CO₂ dan CH₄ di zona 1



Gambar 5. 8 Produksi Gas Total, Gas CO₂ dan CH₄ di zona 1

5.10 Analisa Curah Hujan

Data curah hujan digunakan untuk menghitung dimensi saluran drainase dan menghitung produksi lindi. Data curah hujan tertera pada lampiran F

5.10.1 Analisis Curah Hujan Maksimum

Perhitungan hujan harian maksimum menggunakan metode Gumbel. Dalam metode ini, data curah hujan rata-rata daerah yang digunakan dari tahun 2012 hingga tahun 2016, yakni nilai R_i adalah curah hujan rata-rata, sedangkan R adalah rata rata keseluruhan sebesar 100,4 mm/hari (Lampiran F)
Dari tabel tersebut, dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Rata-rata } \bar{R} &= \frac{1}{n} \sum R_i \dots\dots\dots (5.6) \\ &= \frac{1}{5} 502 \\ &= 100,4 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai R_i dan R , dilakukan perhitungan standar deviasi dari analisis (Tabel 5.15)

Tabel 5. 15 Standar Deviasi Curah Hujan

Ranking	R_i	$(R_i - R)$	$(R_i - R)^2$
1	97,0	-3,40	11,56
2	98,0	-2,40	5,76
3	78,0	-22,40	501,76
4	134,0	33,60	1128,96
5	95,0	-5,40	29,16
Jumlah	502		99,38
Rata-Rata	100,40		

- Standar deviasi (σ) = $\sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n - 1}}$
= 20,47
- Untuk $n = 5$, dari *Table of Reduced Mean (Y_n) and Reduced Standard Deviation (n)* terlampir didapatkan
 $Y_5 = 0.4952$
 $\sigma_5 = 0.9496$
- Curah hujan harian maksimum dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R_T = \bar{R} + \frac{\sigma_R}{\sigma_n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots (5.7)$$

Dimana :

σ_n = *Reduced Standard Deviation*

Y_t = *Reduced Variated* yang merupakan fungsi dari masa ulang T_R

Y_n = *Reduced Mean*

n = merupakan fungsi banyaknya data

Tabel 5. 16 Nilai *Reduced variated* (YT)

YT	t
0,3665	2
1,4999	5
2,2502	10
3,1985	25
3,9019	50
4,6001	100

Sumber : Ardedah, 2013

- Contoh perhitungan:
PUH (T) = 2 Tahun , $Y_2 = 0,3665$

$$\begin{aligned} \text{Maka } R_T &= 100.40 + \frac{20.479.65}{0.9496} (0,3665 - 0.4952) \\ &= 76,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rentang keyakinan (*Convidence Interval*) untuk harga-harga RT. Rumus :

$$R_k = \pm t(a) \cdot S_e \dots\dots\dots (5.8)$$

Dimana :

R_k = rentang keyakinan (*convidence interval*, mm/jam)

$t(a)$ = fungsi a

S_e = *probability error* (deviasi)

Untuk : a = 90 % à $t(a) = 1,64$
 a = 80 % à $t(a) = 1,282$
 a = 68 % à $t(a) = 1,000$

Untuk hasil perhitungan lainnya (HHM metode Gumbel dan Rentang Keyakinannya) dapat dilihat pada lampiran G.

5.10.2 Distribusi Hujan

Metode yang dapat digunakan untuk menghitung distribusi hujan ada 3 metode, yaitu :

1. Metode Van Breen
2. Metode Hasper Weduwen
3. Metode Bell

- Metode Van Breen

Untuk menghitung Intensitas Hujan dengan menggunakan Metode Van Breen digunakan data HHM metode terpilih dengan rumus, yaitu :

$$I = \frac{90\% \cdot R^{24}}{4} \dots\dots\dots (5.9)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam).

R^{24} = curah hujan harian maksimum (mm/24 jam).

Tabel 5. 17 Intensitas Hujan

PUH (tahun)	HHM (mm/24 jam)	I (mm/ jam)
2	99,487	22,385
5	123,155	27,710
10	154,181	34,691
25	193,393	43,514
50	222,479	50,058
100	251,350	56,554

Intensitas hujan yang didapat dari rumus diatas, kemudian diplotkan pada kurva durasi intensitas hujan, dimana Van Breen mengambil bentuk kurva kota Jakarta sebagai kurva basis, yang dapat dilihat pada Tabel Kurva basis tersebut memberikan kecenderungan bentuk kurva untuk daerah lain di Indonesia pada umumnya.

$$I_{VB} \text{ pada durasi } x = \frac{I_{\text{kota Jakarta durasi } x}}{I_{\text{kota Jakarta durasi 240 menit}}} \times I_{\text{hitungan}}$$

Tabel 5. 18 Tabel Intensitas Hujan Kota Jakarta

Durasi (menit)	Intensitas hujan Jakarta (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber : BUDP, Drainage Design For Bandung

Dengan membandingkan intensitas yang didapatkan melalui metode Van Breen dengan intensitas hujan kota Jakarta, maka intensitas hujan pada durasi tertentu diperoleh dengan melihat contoh perhitungan berikut :

Contoh perhitungan :

Intensitas PUH 2 tahun = 27,71 mm/jam

Intensitas PUH 2 tahun Kota Jakarta pada durasi 5 menit
= 126 mm/jam

Intensitas PUH 2 tahun Kota Jakarta pada durasi 240 menit
= 21 mm/jam

Untuk PUH 2 tahun, durasi 5 menit :

$$I_{(2,5)} = \frac{126}{21} \times 27,71 = 134 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran I

- Metode Hasper-Weduwen

Penurunan rumus diperoleh berdasarkan kecenderungan curah hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi simetris dengan durasi hujan (t) lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai 24 jam.

Perumusan dari metode Hasper-Weduwen adalah :

i. $1 \leq t \leq 24$, maka :

$$R_i = \left(\frac{11.300 - (t)}{(t + 3,12)} \right) \left(\frac{X_T}{100} \right)$$

ii. $0 \leq t \leq 1$, maka :

$$R_i = X_T \left(\frac{1218 - (1 + 14)}{X_T(1 - t) + 1272 - t} \right)$$

$$R_i = \left(\frac{11.300 - (t)}{(t + 3,12)} \right) \left(\frac{R_i}{100} \right)$$

Dimana :

T : durasi hujan (jam)

R, Ri : curah hujan Hasper - Weduwen (mm)

X_T : curah hujan harian maksimum yang terpilih (mm)

Untuk menentukan intensitas hujan menurut Hasper-Weduwen, digunakan rumus:

$$I = \frac{R}{t}$$

Dimana : X_T = HHM (Gumbel)

t = durasi (jam)

R, Ri = Curah hujan

Contoh perhitungan :

Untuk PUH = 2 tahun ; t = 5 menit = 0,0833 jam ; X_T = 144,79 mm/24jam

$$R_i = 99,48 \times \frac{(1218 \times 0,0833) + 54}{99,48 (1 - 0,0833) + (1272 \times 0,0833)}$$

$$R_i = 78,45 \text{ mm}$$

$$R = \left[\frac{11300 \times 0,0833}{0,0833 + 312} \right]^{1/2} \times \frac{78,45}{100}$$

$$R = 13,45$$

$$I = \frac{13,45}{0,0833} = 161,4$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran H

- Metode Bell

Menurut Tanimoto yang didasarkan pada penelitian Dr. Borema bahwa untuk daerah Jawa, distribusi curah hujan setiap jam diperkirakan seperti pada Tabel 5.19 berikut ini:

Tabel 5. 19 Distribusi Hujan Menurut Tanimoto

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	23	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14

15	-	3	8	13
----	---	---	---	----

Perkiraan pola distribusi curah hujan ini dilakukan apabila durasi hujan tidak ada, sehingga dalam mencari hubungan intensitas pada setiap durasi dilakukan dengan cara empiris. Perumusan secara empiris didasarkan pada data curah hujan durasi 60 menit (1 jam). Untuk data hujan yang telah dianalisis berdasarkan metode yang digunakan saat menghitung HHM, pola distribusi curah hujan harian untuk setiap jam adalah hanya sampai ranking 1 jam ke-4.

$$\text{HHM rangking jam ke 1} = 99,48 \times 90 / 230 = 38.930$$

Tabel 5. 20 Pola Distribusi HHM per Jam menurut Ranking

Rangking I jam 1-4	HHM (mm/jam) dengan PUH (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
1	38,9	48,2	60,3	75,7	87,1	98,4
2	13,4	16,6	20,8	26,1	30,0	33,9
3	8,7	10,7	13,4	16,8	19,3	21,9
4	6,1	7,5	9,4	11,8	13,5	15,3
Rata-rata	16,8	20,7	26,0	32,6	37,5	42,3

Dengan menggunakan Pedoman Curah Hujan Tanimoto, maka untuk data HHM R_{10}^{60} pada PUH 10 tahun digunakan rata-rata dari distribusi hujan 2 jam pertama.

$$R_{10}^{60} = \frac{60,3+20,8}{2} = 40,56$$

Dalam menghitung intensitas hujan dengan metode Bell, digunakan rumus :

$$R_T^i = (0,21 \cdot \ln T + 0,52)(0,54t^{0,25} - 0,5) \cdot R_{10}^{60}$$

Contoh Perhitungan :

$$t = 5 \text{ menit}$$

$$T = 2 \text{ tahun}$$

$$R_T^i = (0,21 \cdot \ln 2 + 0,52)(0,545^{0,25} - 0,5) \times 40,56$$

$$= 8,3 \text{ mm}$$

$$I = \frac{60}{t} \times R ; t \text{ dalam menit}$$

$$= 99,6 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran I.

5.10.3 Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan

Pada Perhitungan pemilihan rumus intensitas hujan digunakan 3 metode, yaitu :

- Metode Talbot
- Metode Sherman
- Metode Ishiguro

Dari ketiga metode tersebut, yang akan banyak digunakan adalah metode yang memiliki nilai lengkung intensitas yang paling kecil. Sedangkan PUH yang digunakan adalah PUH 2, 5, 10 karena PUH tersebut berturut-turut dianggap sesuai untuk perencanaan saluran tersier, sekunder, dan primer. Perhitungan dilakukan dengan durasi 5, 10, 20, 40, 60, 120, 240 menit. Berdasarkan perhitungan, metode yang mempunyai lengkung intensitas terkecil terdapat pada metode Talbot.

Persamaan yang mempunyai beda terkecil adalah yang terpakai.

1. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$a = \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t) - N(\sum I^2.t)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

2. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \quad \log \quad a =$$

$$\frac{(\sum \log I)(\sum \log^2 t) - (\sum \log t \cdot \log I)(\sum \log t)}{N(\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

$$n = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - N(\sum \log t \cdot \log I)}{N(\log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

3. Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

$$a = \frac{(\sum I.\sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2.\sqrt{t})(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.\sqrt{t}) - N(\sum I^2.\sqrt{t})}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

Tabel 5. 21 Hasil Perhitungan Lengkung Intensitas Metode Talbot

PUH	a	b	Metode
2	420,62	0,50	Metode Sherman
5	441,98	0,47	Metode Sherman

PUH	a	b	Metode
10	475,48	0,44	Metode Sherman
25	872,88	1,14	Metode Ishiguro

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di Lampiran I.

5.11 Perhitungan Produksi Lindi

Produksi lindi dihitung per tahun di setiap zona penimbunan sampah di TPA. Pada perencanaan TPA Sampah Kabupaten Pasuruan jumlah zona penimbunan adalah 2 buah. Produksi lindi di setiap timbunan sangat dipengaruhi oleh besar kandungan air dalam sampah dan besarnya air hujan yang terinfiltrasi ke dalam timbunan. Produksi lindi juga sedikit dipengaruhi oleh produksi gas per tahunnya. Berkurangnya nilai daya tampung air oleh sampah atau *field capacity* tersebut dapat memperbesar produksi lindi per tahunnya. Beberapa ketentuan dalam perhitungan produksi lindi adalah, sebagai berikut:

- Densitas sampah lepas = $166,83 \text{ kg/m}^3$
- Densitas sampah kompaksi = 600 kg/m^3
- Densitas tanah penutup = 1700 kg/m^3
- Kebutuhan tanah penutup = $1/5$ timbunan sampah
- Kadar air dalam sampah = 57%
- Koefisien infiltrasi (1-C) = $0,7$
- Intensitas hujan rata-rata = 44 mm/jam
- Rata-rata lama hujan per hari = 4 jam
- Luas zona penimbunan (A) zona 1 = $15.000 \text{ m}^2 = 0,015 \text{ km}^2$
- Densitas air hujan = 1000 kg/m^3
- Perhitungan debit air hujan per tahun dengan asumsi ada musim kemarau selama 6 bulan
 - $Q = 0,278 \times (1-C) \times I \times A$
 - $Q = 0,278 \times 0,7 \times 44 \text{ mm/jam} \times 0.015 \text{ km}^2$
 - $Q = 0,133 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Perhitungan volume air hujan per tahun
 - $V = Q \times t$
 - $V = 0,647 \text{ m}^3/\text{detik} \times 60 \times 60 \times 4 \text{ jam} \times 6 \text{ hari}$
 - $V = 11.491,2 \text{ m}^3$
- Perhitungan berat air hujan per tahun

$M = \text{densitas air hujan} \times \text{volume air hujan}$

$M = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 22.976,8 \text{ m}^3 / 1000 \text{ kg/ton}$

$M = 11.491,2 \text{ ton}$

- Densitas gas = 1.354 kg/ m^3
- Konsumsi air untuk pembentukan gas = 0.7743 kg/ m^3
- Uap air dalam gas = $0.0000007 \text{ kg/ m}^3$

Berikut adalah contoh perhitungan produksi lindi pada tahun pertama

- a. Berat sampah yang terkompaksi = 30.648 ton
- b. Menghitung kebutuhan tanah penutup
 $= 1/5 \times \text{berat sampah terkompaksi}$
 $= 1/5 \times 30.648 \text{ ton} = 17.367 \text{ ton}$
- c. Menghitung total timbunan
 $= \text{berat sampah} + \text{berat tanah penutup}$
 $= 30.648 \text{ ton} + 17.367 \text{ ton}$
 $= 48.015 \text{ ton}$
- d. Berat kering sampah
 $= \text{berat sampah} \times (1 - \% \text{ kadar air sampah})$
 $= 30.648 \text{ ton} \times (1 - 0,57)$
 $= 20.502 \text{ ton}$
- e. Kandungan air dalam sampah
Kandungan air dalam sampah = $\text{berat sampah} \times \% \text{ kadar air sampah}$
 $= 30.648 \text{ ton} \times 57\%$
 $= 27.513 \text{ ton}$
- f. Produksi gas total pada tahun 2018 = 0 ton
- g. Menghitung berat air terkonsumsi untuk pembentukan gas
Air terkonsumsi = $\text{volume produksi gas} \times \text{jumlah konsumsi air per m}^3 \text{ produksi gas}$
 $= 0 \text{ m}^3 \times 0,7743 \text{ kg/m}^3$
 $= 0 \text{ ton}$
- h. Berat uap air dalam gas
 $= \text{volume produksi gas} \times \text{jumlah uap per m}^3 \text{ produksi gas}$
 $= 0 \text{ m}^3 \times 0.0000007 \text{ kg/m}^3$
 $= 0 \text{ ton}$
- i. Berat hujan terinfiltrasi
 $= 11.488 \text{ ton}$
- j. Berat kandungan air dalam sampah

- $$\begin{aligned}
 &= \text{Berat hujan terinfiltrasi} + \text{kandungan air dalam sampah} \\
 &= 11.488 \text{ ton} + 27.513 \text{ ton} \\
 &= 39.000 \text{ ton}
 \end{aligned}$$
- k. Sisa berat kering dalam sampah
Sisa berat kering
= berat kering sampah – berat produksi gas – berat air terkonsumsi pembentukan gas
= 20.502 ton – 0 ton – 0 ton
= 20.502 ton
- l. Berat rata-rata timbunan sampah (W)

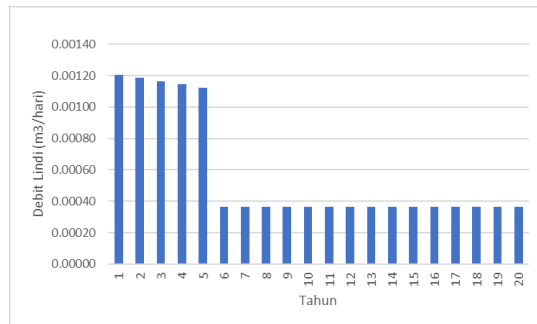
$$\begin{aligned}
 W &= (0,5 \times (\text{berat kering} + \text{berat kandungan air total dalam sampah})) + \text{berat tanah penutup} \\
 &= (0,5 \times (20.502 \text{ ton} + 39.000 \text{ ton})) + 17.367 \text{ ton} \\
 &= 47.119 \text{ ton}
 \end{aligned}$$
- m. Field capacity timbunan sampah (FC)

$$\begin{aligned}
 FC &= 0,6 - (0,55 \times (W : (10.000+W))) \\
 &= 0,6 - (0,55 \times (47.119 \text{ ton} : (10.000+ 47.119 \text{ ton}))) \\
 &= 0.050
 \end{aligned}$$
- n. Berat air tertahan dalam timbunan
= berat kering sampah x FC
= 20.502 ton x 0.050
= 1027 ton
- o. Produksi lindi per tahun
= berat kandungan air dalam sampah – berat air tertahan dalam timbunan
= 39.000 ton – 1027 ton
= 37.974,4 ton
- p. Debit produksi lindi

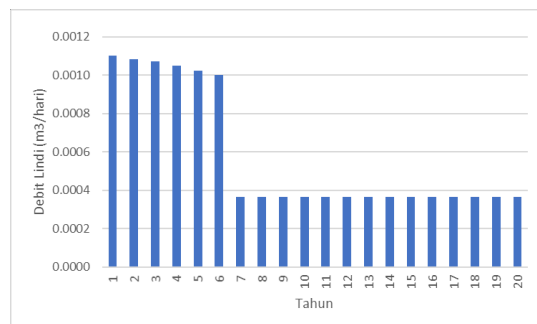
$$\begin{aligned}
 Q &= (\text{berat produksi lindi per tahun} : \text{densitas air}) : (365 \times 24 \times 60 \times 60) \text{ detik} \\
 &= (37.974,4 \text{ ton} \times 1000 \text{ kg/ton} / 1000 \text{ kg/m}^3) : (365 \times 24 \times 60 \times 60) \text{ detik} \\
 &= 0,00120 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Untuk zona 1 rata-rata produksi lindi yang dihasilkan sebesar 0,000564 m³/detik dan untuk zona 2 rata-rata produksi

lindi sebesar 0,000561 m³/detik. Perhitungan selengkapnya terdapat pada lampiran O



Gambar 5. 9 Grafik Produksi Lindi Zona 1



Gambar 5. 10 Grafik Produksi Lindi Zona 2

5.12 Sistem Lapisan Dasar Sel *Sanitary Landfill*

Menurut PerMen. PU No. 3 Tahun 2013, lapisan dasar TPA harus kedap air untuk melindungi terkontaminasinya air tanah oleh lindi. Koefisien permeabilitas tanah yang dianjurkan yaitu harus lebih kecil dari 10⁻⁶ cm/det. Setelah *liner* dasar terbentuk, tanah dilapisi oleh lapisan *geomembrane*. Lapisan *geomembrane* adalah material geosintetik yang terbuat dari *polymer High Density Polyethylene* (HDPE). Lapisan *geomembrane* yang digunakan adalah lapisan berwarna hitam dengan ketebalan 1,5 mm terbuat dari *High Density polyethylene* (HDPE) dengan komposisi 97,5% polimer dan 2,5% *carbon black*, *anti oxidants* dan *heat stabilizer*.

Ketebalan HDPE *geomembrane* harus memiliki ketebalan 1,5 mm untuk TPA sampah kota, untuk melindungi kontaminasi pencemaran lindi ke dalam air tanah yang disebabkan oleh material bahan yang dibuang ke TPA tersebut karena material yang dibuang ke dalam TPA merupakan material anorganik yang dapat berpotensi merusak permukaan *geomembrane*. Untuk desain ini digunakan material *geomembrane* dengan lebar 7 m dan panjang 140 m maka kebutuhan gulungan lapisan *geomembrane* untuk zona 1 TPA Kabupaten Pasuruan adalah 17 gulungan dan zona 2 sebanyak 17 gulungan. Perhitungan lengkap bisa dilihat pada lampiran Q.

5.13 Rencana Saluran Pengumpul Lindi

Menurut Kementrian PU (2013), untuk merencanakan sistem penyaluran lindi, terdapat kriteria yang harus diperhatikan lindi, kriteria tersebut sebagai berikut :

a. Dimensi pipa

Sistem penangkap leachate diarahkan menuju pipa berdiamter minimum 300 mm, atau saluran pengumpul leachate. Pada sanitary landfill, pertemuan antar pipa penangkap atau antaran pipa penangkap dengan pipa pengumpul dibuat bak kontrol (junction-box), yang dihubungkan sistem ventilisasi vertikal penangkap atau pengumpul gas. Tipikal dimensi pipa adalah 6 – 8 inch (15 – 20 cm). penggunaan diameter tersebut memperhatikan kemudahan pembersihan. Diameter yang lebih besar memungkinkan berdasarkan aliran maksimum dalam pipa. Sedang dari Tchobanoglous 4 inch (10 cm) pipa masih memenuhi untuk drainase genangan lindi yang terbentuk. Kedalaman air dalam saluran/pipa (d/D) maksimal 80%, dimana d = tinggi air dan D = diameter pipa minimum 30 cm.

b. Slope

Kriteria desain untuk slope pipa pengumpul adalah 1–2 % menuju IPL dengan kecepatan 0,6-3 m/detik.

c. Jarak antar pipa

Salvato memberikan arahan untuk pemasangan pipa pengumpul setiap rentang 6 m (20 ft) sementara JICA hingga 40 m masih diperbolehkan. Selain itu pada satu jalur pipa diberikan 3 jalur pipa pengumpul. Dalam perencanaan ini digunakan jarak

antar pipa sejauh 50 m (mengikuti jarak antara ventilasi vertikal gas) dengan pola tulang ikan.

5.14 Rencana Ventilasi Gas

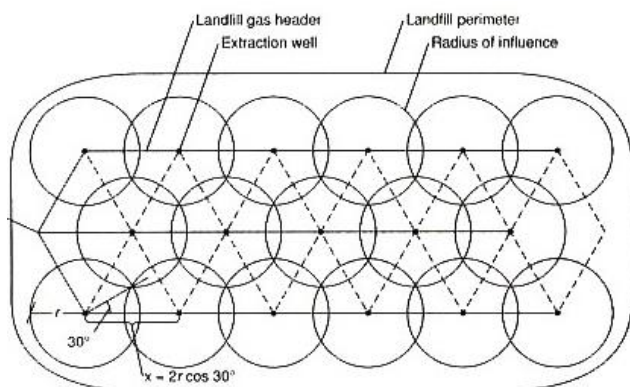
Ventilasi gas yang berfungsi untuk mengalirkan dan mengurangi akumulasi tekanan gas mempunyai kriteria teknis, sebagai berikut:

1. Pipa ventilasi dipasang dari dasar TPA secara bertahap pada setiap lapisan sampah dan dapat dihubungkan dengan pipa pengumpul lindi
2. Pipa ventilasi gas berupa pipa HDPE yang tahan terhadap tekanan, berdiameter 150 mm (diameter lubang perforasi maksimum 1,5 cm), yang dikelilingi oleh saluran bronjong berdiameter 400 mm dan diisi batu pecah diameter 50-100 mm
3. Ketinggian pipa ventilasi tergantung pada rencana tinggi timbunan (setiap lapisan sampah ditambah 50 cm)
4. Pipa ventilasi pada akhir timbunan harus ditambah dengan pipa besi diameter 150 mm
5. Gas yang keluar dari ujung pipa besi harus dibakar atau dimanfaatkan sebagai energi alternatif.
6. Jarak antara pipa ventilasi gas 30-50 m
7. Pada sistem lahan urug saniter, gas bio harus dialirkan ke pipa penangkap gas melalui ventilasi sistem penangkap gas, lalu dibakar pada gas flare. Sangat dianjurkan menangkap gas bio tersebut untuk dimanfaatkan.
8. Metode untuk membatasi dan menangkap pergerakan gas adalah:
 - a. Menempatkan materi impermeable pada atau di luar perbatasan lahan urug untuk menghalangi aliran gas
 - b. Menempatkan materi granular pada atau di luar perbatasan lahan urug (perimeter) untuk penyaluran dan atau pengumpulan gas
 - c. Pembuatan sistem ventilasi penangkap gas di dalam lokasi eks-TPA
9. Sistem penangkap gas dapat berupa:
 - a. Ventilasi horizontal, bertujuan untuk menangkap aliran gas dalam satu sel atau lapisan sampah

- b. Ventilasi vertikal merupakan ventilasi yang mengarahkan dan mengalirkan gas yang terbentuk ke atas
- c. Ventilasi akhir merupakan ventilasi yang dibangun pada saat timbunan akhir sudah terbentuk, yang dapat dihubungkan pada pembakar gas (gas flare) atau dihubungkan dengan sarana pengumpul gas untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Perlu dipahami bahwa potensi gas pada eks-TPA semakin lama semakin mengecil sehingga mungkin tidak mampu untuk digunakan dalam operasi rutin.

Pada perencanaan TPA Sampah Kabupaten Pasuruan, direncanakan jarak antar pipa ventilasi vertikal terhadap produksi gas di lahan penimbunan adalah 50 m. Jumlah pipa ventilasi vertikal gas zona 1 adalah 11 buah, zona 2 adalah 8 buah. Panjang pipa ventilasi gas mengikuti kedalaman dan ketinggian timbunan yaitu sekitar 12 m. Pemasangan pipa ventilasi secara bertahap. Dalam perencanaan ini, gas hasil degradasi sampah di zona penimbunan akan disalurkan ke bangunan *gas flare*.

Perhitungan radius pipa ventilasi vertikal gas, dengan rumus sebagai berikut (Tchobanoglous, 1993).



Gambar 5. 11 Denah jaringan ventilasi gas
Sumber : Tchobanoglous et al.,1993

$$x = 2 r \cos 30^\circ \dots\dots\dots (5.10)$$

Diketahui:

$$x = 50 \text{ m}$$

$$r = x / (2 \times \cos 30^\circ)$$

$$r = 50 \text{ m} / 1,732$$

$$r = 28,86 \text{ m} \sim 29 \text{ m}$$

Denah dan detail dari pipa ventilasi gas landfill terdapat pada lampiran.

5.15 Rencana Drainase

Drainase di TPA dibutuhkan untuk menampung air hujan dan menyalurkannya ke badan air. Menurut PerMen. PU Nomor 3 Tahun 2013, drainase terbagi menjadi dua, yaitu drainase permanen dan sementara. Drainase permanen merupakan drainase yang berada di sekitar kantor, jembatan timbang, hangar TPA dan area utilitas lain yang bukan sel landfill. Sedangkan drainase sementara yaitu drainase yang ada di sekitar sel landfill.

Drainase TPA berfungsi untuk mengurangi volume air hujan yang jatuh pada area timbunan sampah. Jenis drainase yang direncanakan pada TPA Sampah Kabupaten Pasuruan ini berupa drainase permanen (jalan utama, di sekeliling timbunan terakhir, daerah kantor, gudang, bengkel, tempat cuci) dan drainase sementara (dibuat secara lokal pada zona yang akan dioperasikan). Saluran drainase langsung diarahkan ke drainase jalan terdekat. PUH yang digunakan adalah PUH 25 tahun. Luas blok drainase serta panjang saluran dapat dilihat pada Tabel 6.3

Tabel 5. 22 Luas Blok dan Panjang Saluran

Blok	Saluran		Luas Blok		Akumulasi Luas (m ²)
	Nama	Ld (m)	m ²	Ha	
B1	C6-C5	33,4	4067,9	0,41	4067,9
	C5-C4	28,5			20608
B2	B5-C3	13,5	1168,5	0,12	16146,8
	C3-C2	62,9			37689,6
B3	C2-C1	24,3	583,2	0,06	38272,8

Blok	Saluran		Luas Blok		Akumulasi Luas (m ²)
	Nama	Ld (m)	m ²	Ha	
B4	A4-C7	16,1	259,7	0,03	16540,1
A1	A1-A2	181,8	6565,7	0,66	6565,7
A2	A2-A3	97,5	1980,2	0,20	8545,9
A3	A3-A4	77,3	2983,3	0,30	11529,2
A4	A6-A5	64,8	2975,6	0,30	4994,9
A5	A1-A7	37,0	2019,3	0,20	807,7
	A7-A6	64,0			1211,6
A6	B1-B8	113,0	4209,3	0,42	4209,3
A7	B1-B2	33.3	3726	0,37	1490,4
	B2-B3	29.4			1490,4
	B3-B4	78.9			745,2
A8	B7-B6	45.0	5185.5	0,52	9075,8
	B4-B5	80.0			6837,3
A9	B8-B7	115.6	2792.4	0,28	7001,6

Koefisien pengaliran ini diperoleh dari hasil perbandingan antara jumlah hujan yang jatuh dengan yang mengalir sebagai limpasan dari suatu hujan dalam permukaan atau tanah tertentu. Pada suatu daerah pengaliran dengan tata guna tanah yang berbeda-beda besarnya koefisien pengaliran ditetapkan dengan mengambil harga rata-rata berdasarkan bobot luas daerah seperti pada rumus :

$$Cr = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + + C_n.A_n}{A}$$

Di mana :

- Cr : Harga rata-rata koefisien pengaliran
 C₁, C₂, C_n : Harga koefisien pengaliran pada masing-masing daerah
 A₁, A₂, A_n : Luas masing-masing bagian daerah
 A : Luas total daerah pengaliran

Besarnya koefisien pengaliran masing-masing jalur saluran drainase dapat dilihat pada lampiran L

- Penentuan Debit Limpasan

Untuk mengetahui debit limpasan perlu diketahui bentuk dan jenis saluran yang direncanakan. Dalam perencanaan ini digunakan saluran terbuka berbentuk segiempat yang terbuat dari pasangan batu kali. Berikut ini merupakan contoh perhitungan pada saluran primer C6 – C5:

Direncanakan:

- Panjang limpasan terjauh (Lo) = 87,5 m
- Koefisien Pengaliran (Cr) = 0,595
- Beda tinggi limpasan (Ho) = 0,6 m
- Slope limpasan (So) = 0,0069
- Panjang saluran (Ld) = 33,4 m
- Dengan v asumsi = 0,6 m/detik
- Luas (A) = 0,407 ha
- n limpasan (beton) = 0,015 (permukaan beton)

Penyelesaian:

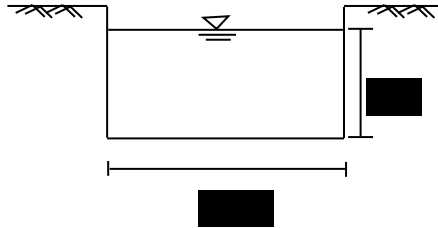
- $t_0 = \frac{3.26 \times (1,1-C) \times L_0^{0.5}}{S_0^{\frac{1}{3}}} = \frac{3.26 \times (1,1-0.595) \times 87,5^{0.5}}{0.0033^{0.33}} = 79,7 \text{ menit}$
- $t_d = \frac{L_d}{V_{asumsi}} = \frac{33,4}{0,6 \frac{m}{s} \times 60} = 0,93 \text{ menit}$
- $t_c = t_0 + t_d = 79,7 \text{ menit} + 0,93 \text{ menit} = 80.65 \text{ menit}$

Nilai I yang digunakan adalah I dengan metode Ishiguro dengan menggunakan PUH 25 tahun, dengan nilai a = 872.88 dan nilai b = 1,142

- $I = \frac{872.88}{\sqrt{Ic+1,14}} = \frac{872,8}{\sqrt{80,65+1,14}} = 86,22 \text{ mm/jam}$
- $Q = 0,278.C.I.A$
 $= 0,278 \times 0,595 \times 86,22 \text{ mm/jam} \times 0.407 \text{ ha}$
 $= 0,058 \text{ m}^3/\text{detik}$

Pada perencanaan ini saluran yang akan digunakan adalah saluran berbentuk segi empat dengan perencanaan saluran berdasarkan penampang hidrolis optimum yang berarti suatu luas penampang akan memiliki daya tampung yang

maksimum. Adapun bentuk dari saluran yang direncanakan seperti yang terlihat pada Gambar di bawah ini



Gambar 5. 12 Bentuk Penampang Ekonomis Saluran Drainase yang Direncanakan

$$A = b \times h$$

$$P = b + 2h$$

Dimana :

b = lebar saluran (m)

h = tinggi/kedalaman saluran (m)

$b = 2 \times h$ (agar saluran ekonomis)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \cdot h}{b + 2h}$$

Dimana: R = jari-jari hidrolis

A = luas penampang basah saluran (m²)

P = keliling basah saluran (m)

$Q = v \times A$

Berdasarkan persamaan Manning

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \Rightarrow Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{h}{2} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

$$h_{air} = \left(\frac{1.59 \times Q \times n}{2 \times S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Slope yang digunakan untuk perencanaan ini sedapat mungkin mengikuti *slope* medan yang ada.

$$Sd = \frac{\Delta Hd}{Ld}$$

Contoh perhitungan dimensi saluran C6-C5:

- $Q_{limpasan} = 0,058 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Ld = 33,4 \text{ m}$
- $Sd = 0,015$
- $n = 0,015$
- $h_{air} = \left(\frac{1.59 \times Q \times n}{2 \times S^{1/2}} \right)^{3/8} = \left(\frac{1.59 \times 0.058 \times 0.015}{2 \times 0.0015^{1/2}} \right)^{3/8} = 0.14 \text{ m}$
- $b = 2 \times h_{air} = 2 \times 0.14 \text{ m} = 0.28 \text{ m}$
- $A = h_{air} \times b = 0.14 \text{ m} \times 0.29 \text{ m} = 0,041 \text{ m}^2$
- $R = \frac{b \times h_{air}}{2h_{air} + b} = 0,07$
- $V = \frac{I}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.025} \times 0.07^{0.67} \times 0.015^{0.5} = 0.84 \text{ m/dtk}$

- $Fb = \sqrt{C \cdot h_{air}}$

Di mana: Fb = freeboard saluran (m)

C = koefisien

$Q < 0,6 \text{ m}^3/\text{detik}$

$C = 0,14$

$0,6 \text{ m}^3/\text{detik} < Q < 8 \text{ m}^3/\text{detik}$

$0,14 < C < 0.2$

$Q > 8 \text{ m}^3/\text{detik}$

$C > 0,23$

$Q = 0.058 \text{ m}^3/\text{detik}$, maka $C = 0,14$

- $Fb = \sqrt{C \cdot h_{air}} = \sqrt{0.14 \times 0.14} = 0,14 \text{ m}$

- $H_{\text{total saluran m}} = h_{\text{air applied}} + \text{Freeboard} = 0,14 \text{ m} + 0,14 \text{ m} = 0,28$

- $Q_{\text{saluran max}} = b_{\text{applied}} \times v_{\text{cek}} \times h_{\text{total saluran}}$
 $= 0.29 \text{ m} \times 0.84 \text{ m/dtk} \times 0.14 \text{ m}$
 $= 0.03 \text{ m}^3/\text{detik}$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya tentang dimensi saluran dapat dilihat pada Lampiran N

5.16 Rencana Sumur Pantau

Sumur pantau berfungsi untuk memantau kemungkinan terjadinya pencemaran lindi terhadap air tanah di sekitar TPA dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Lokasi sumur uji harus terletak sebelum lokasi penimbunan sampah, di lokasi sekitar penimbunan, dan pada lokasi setelah penimbunan.
2. Penempatan lokasi harus tidak pada daerah yang akan tertimbun sampah
3. Kedalaman sumur 20–25 m dengan luas 1 m²

Pada perencanaan TPA Sampah Kabupaten Pasuruan, sumur direncanakan jumlah sumur pantau adalah 4 buah terletak di lahan TPA sesuai ketentuan. Letak sumur pantau dapat dilihat pada Lampiran Gambar.

5.17 Rencana Bangunan Operasional

Fasilitas operasional di TPA terdiri dari: alat berat, truk pengangkut tanah, dan lahan untuk tanah penutup.

1. Alat berat dan truk

Pemilihan alat berat harus mempertimbangkan jenis kegiatan pemrosesan akhir yang akan dilakukan di TPA, seperti penggalan lahan penimbunan, pemindahan sampah, dan pemadatan sampah. Beberapa alat berat yang akan digunakan di TPA Kabupaten Pasuruan, antara lain: excavator (3 buah), bulldozer (3 buah), truk pengangkut tanah penutup (6 buah).

Jumlah alat berat dan truk yang digunakan dalam operasional TPA selain mempertimbangkan jenis kegiatan juga harus mempertimbangkan anggaran pengelolaan TPA.

2. Lahan tanah penutup

Tanah penutup dibutuhkan untuk mencegah sampah berserakan, bahaya kebakaran, timbulnya bau, berkembang biaknya lalat atau binatang pengerat, dan mengurangi timbulan lindi. Beberapa ketentuan tanah penutup, antara lain:

- a. Jenis tanah penutup adalah tanah yang tidak kedap
- b. Periode penutupan tanah harus disesuaikan dengan metode pembuangannya, untuk lahan urug saniter penutupan tanah dilakukan setiap hari, sedangkan untuk

lahan urug terkendali penutupan tanah dilakukan secara berkala.

- c. Tahapan penutupan tanah untuk lahan urug saniter terdiri dari penutupan tanah harian (setebal 10-15 cm), penutupan antara (setebal 30-40 cm) dan penutupan tanah akhir (setebal 50–100 cm, tergantung rencana peruntukan bekas TPA nantinya).
- d. Kemiringan tanah penutup harian harus cukup untuk dapat mengalirkan air hujan keluar dari atas lapisan penutup tersebut.
- e. Kemiringan tanah penutup akhir hendaknya mempunyai grading dengan kemiringan tidak lebih dari 30 derajat (perbandingan 1 : 3) untuk menghindari terjadinya erosi.
- f. Di atas tanah penutup akhir harus dilapisi dengan tanah media tanam (top soil/vegetable earth), yang kemudian ditanami dengan vegetasi penutup.
- g. Dalam kondisi sulit mendapatkan tanah penutup dapat digunakan biodegradable liners, kompos, dan terpal sebagai pengganti tanah penutup, ataupun lapisan membran biodegradabel sintetis.
- h. Dalam hal ketersediaan tanah penutup terbatas maka tanah yang sudah terpakai sebagai penutup sebelumnya dapat dipakai kembali sebagai tanah penutup untuk lapisan berikutnya.
- i. Dalam hal menggunakan terpal sebagai penutup sampah maka terpal yang sudah terpakai sebagai penutup sebelumnya dapat dipakai kembali sebagai penutup untuk lapisan berikutnya.

Lahan tanah penutup digunakan untuk menampung persediaan tanah penutup di TPA hasil penggalian area penimbunan yang akan dioperasikan.

5.18 Rencana Instalasi Pengolahan Lindi

Instalasi pengolahan lindi ini dibuat untuk mengolah lindi yang dihasilkan sampah pada kedua zona penimbunan sampah. sehingga dalam perhitungan instalasi pengolahan lindi, debit lindi yang digunakan adalah penjumlahan debit lindi terbesar pada kedua zona penimbunan. Instalasi yang akan digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi.

Karakteristik lindi TPA Kabupaten Pasuruan menggunakan karakteristik lindi tipikal dari TPA yang ada di Indonesia. Tabel berikut memuat karakteristik lindi yang digunakan untuk merencanakan TPA Kabupaten Pasuruan. Tabel 5.23 merupakan baku mutu efluen lindi sesudah diolah oleh IPL.

Tabel 5. 23 Karakteristik Lindi Tipikal

Parameter	Satuan	Nilai
BOD	mg/L	10000
COD	mg/L	18000
TSS	mg/L	500
Q	m ³ /detik	1,32
NH ₃ -N	mg/l	162*

Sumber : *(Enri Damanhuri, 2004)

Tabel 5. 24 Baku Mutu Efluen Lindi

Parameter	Satuan	Baku Mutu
BOD	mg/l	150**
COD	mg/l	300**
N-NH ₃	mg/l	5*
TSS	mg/l	100**
Merkuri	mg/l	0,005**
pH	-	6-9**
Kadmium	mg/l	0,1**

Sumber : *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 3 Tahun 2013

**Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016

Sebelum lindi masuk ke bangunan pengolah, lindi dialirkan terlebih dahulu ke sumur pengumpul agar debit lindi stabil. Digunakan kolam stabilisasi sebagai alternatif pengolahan karena

desainnya sederhana, pengoperasian relatif mudah dan murah, dapat mengolah air limbah yang. Kriteria desain masing-masing instalasi disesuaikan dengan diseminasi sektor persampahan pada Tabel 5.25

Tabel 5. 25 Kriteria Desain Instalasi Pengolahan Lindi

No	Kriteria	Proses Pengolahan			
		Anaerobik	Fakultatif	Maturasi	Wetland
1	Fungsi	Penyisihan BOD yang relatif tinggi (>1000 mg/L); sedimentasi; stabilisasi influen	Penyisihan BOD	Penyisihan mikroorganisme patogen dan nutrien	Penyisihan BOD dan removal nutrien
2	Kedalaman (m)	2,5-5	1-2	1-1,5	0,1-0,6*
					0,3-0,8**
3	Penyisihan BOD (%)	50-85	70-80	60-89	-
4	Waktu detensi (hari)	20-50	5-30	7-20	4-15
5	Beban Organik (kg/Ha.hari)	224-560	56-135	≤17	<67
6	pH	6,5-7,2	6,5-8,5	6,5-10,5	-
7	Material	Pasangan batu	Pasangan batu	Pasangan batu	Tanah permeabilitas rendah

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 3 Tahun 2013

Pada perencanaan ini direncanakan alternatif pengolahan dengan menggunakan 2 unit kolam anaerobik, 2 kolam fakultatif dan 1 kolam maturasi agar effluen dari IPL dapat memenuhi baku mutu. Dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5. 26 Alternatif Pengolahan

No		1	2
Parameter		BOD	TSS
Influent (mg/L)		10000	500
Anaerobik 1	Removal	50%	60%
	Effluent	5000	200
Anaerobik 2	Removal	50%	60%
	Effluent	2500	80
Fakultatif 1	Removal	70%	50%
	Effluent	750	40
Fakultatif 2	Removal	70%	50%
	Effluent	225	20
Maturasi	Removal	60%	40%
	Effluent	90	12
Baku Mutu		150	100

Sumur Pengumpul

Kriteria desain:

Waktu detensi

= kurang dari 10 menit (tetapi debit lindi yang dihasilkan terlalu kecil, sehingga diambil 60 menit).
= 0,0056 hari

Td

Data Perencanaan:

Qin

= 48,74 m³/hari

Kedalaman rencana

= 0,6 m

Luas Permukaan (As)

$$= \frac{Q \times td}{h}$$

= 0,45 m²

Perbandingan panjang dan lebar = 2:1

Lebar (L)

$$= \sqrt{(As/2)}$$

= 0,43 m

Panjang (P)

= 2 x L
= 2 x 0,43 m
= 0,86 m

A. Kolam Anaerobik

Pada kolam inilah air limbah mulai diolah dibawah kondisi anaerobik oleh berbagai jenis mikroorganisme anaerobik. Mikroorganisme anaerobik mengubah senyawa anaerob dalam air limbah menjadi gas CO_2 , H_2S , dan CH_4 yang akan menguap ke udara; sementara berbagai padatan dalam air limbah akan mengalami sedimentasi dan terkumpul di dasar kolam sebagai lumpur. Kolam anaerobik berfungsi untuk menguraikan kandungan zat organik (BOD) dan padatan tersuspensi (SS) dengan cara anaerobik atau tanpa oksigen. Kolam dapat dikondisikan menjadi anaerobik dengan cara menambahkan beban BOD yang melebihi kemampuan fotosintesis secara alami dalam memproduksi oksigen. Pada perencanaan ini direncanakan digunakan dua kolam anaerobik yang dipasang seri. Tujuannya adalah untuk menurunkan kadar pencemar sebelum diolah di kolam fakultatif dan kolam maturasi.

Kolam Anaerobik I

$$Q_{in} = 48,74 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$H \text{ rencana} = 4 \text{ m}$$

$$\text{BOD inlet} = 10000 \text{ mg/L}$$

$$\text{OLR} = 300 \text{ gr.BOD/m}^3.\text{hari}$$

$$A_s = (Q \times L_i) / (H \times \text{OLR})$$

$$= 542 \text{ m}^2$$

$$T_d = A_s \times h / Q$$

$$= 33 \text{ hari}$$

$$\text{Perbandingan P:L} = 2:1$$

$$\text{Lebar} = \sqrt{\frac{542 \text{ m}^2}{2}} = 16,46 \text{ m} \sim 17 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2L = 32,91 \text{ m} \sim 33 \text{ m}$$

$$\text{TSSin} = 500 \text{ mg/l}$$

$$\text{Massa TSS} = [\text{TSS}] \times [\% \text{Removal}] \times Q$$

$$= 500 \text{ mg/l} \times 60\% \times 48.74 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 14,62 \text{ kg/hari}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ kg/ m}^3$$

$$\rho_{\text{solid}} = 2,65 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{lumpur}} = (3\% \times \rho_{\text{solid}}) + (97\% \times \rho_{\text{air}})$$

$$= (3\% \times 2,65 \text{ kg/m}^3) + (97\% \times 1 \text{ kg/ m}^3)$$

$$= 1,05 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa lumpur} = (100/3) \times \text{Massa TSS}$$

	$= (100/3) \times 14,62 \text{ kg/hari}$
	$= 487,411 \text{ kg/hari}$
Volume lumpur	$= (\text{massa lumpur} / \rho \text{ lumpur})$
	$= 487,411 \text{ kg/hari} / 1,05 \text{ kg/m}^3$
	$= 0,464 \text{ m}^3/\text{hari}$
Q effluen	$= Q_{\text{influent}} - \text{Vol Lumpur}$
	$= 48,7 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,464 \text{ m}^3/\text{hari}$
	$= 48,28 \text{ m}^3/\text{hari}$
BOD effluen	$= 5000 \text{ mg/l}$
COD effluen	$= 13000 \text{ mg/l}$
TSS effluen	$= 200 \text{ mg/l}$

Kolam Anaerobik II

Qin	$= 48,28 \text{ m}^3/\text{hari}$
H rencana	$= 4 \text{ m}$
BOD inlet	$= 5000 \text{ mg/L}$
OLR	$= 300 \text{ gr.BOD/m}^3.\text{hari}$
As	$= (Q \times Li) / (H \times \text{OLR})$
	$= 268,2 \text{ m}^2$
Td	$= As \times h / Q$
	$= 17 \text{ hari}$
Perbandingan P:L	$= 2:1$
Lebar	$= \sqrt{\frac{268,2 \text{ m}^2}{2}} = 11,58 \text{ m}$
Panjang	$= 2 \text{ L} = 23,16 \text{ m}$
TSSin	$= 200 \text{ mg/l}$
Massa TSS	$= [\text{TSS}] \times [\% \text{Removal}] \times Q$
	$= 200 \text{ mg/l} \times 60\% \times 48,28 \text{ m}^3/\text{hari}$
	$= 5,79 \text{ kg/hari}$
ρ air	$= 1 \text{ kg/ m}^3$
ρ solid	$= 2,65 \text{ kg/m}^3$
ρ lumpur	$= (3\% \times \rho \text{ solid}) + (97\% \times \rho \text{ air})$
	$= (3\% \times 2,65 \text{ kg/m}^3) + (97\% \times 1 \text{ kg/ m}^3)$
	$= 1,05 \text{ kg/m}^3$
Massa lumpur	$= (100/3) \times \text{Massa TSS}$
	$= (100/3) \times 5,79 \text{ kg/hari}$
	$= 193,11 \text{ kg/hari}$
Volume lumpur	$= (\text{massa lumpur} / \rho \text{ lumpur})$
	$= 193,11 \text{ kg/hari} / 1,05 \text{ kg/m}^3$

	= 0,184 m ³ / hari
Q effluen	= Qinfluent - Vol Lumpur
	= 48,28 m ³ /hari- 0,184 m ³ / hari
	= 48,09 m ³ /hari
BOD effluen	= 2500 mg/l
COD effluen	= 10.500 mg/l
TSS effluen	= 80 mg/l

B. Kolam Fakultatif

Kolam fakultatif berfungsi untuk menguraikan dan menurunkan konsentrasi bahan organik yang ada di dalam lindi yang telah diolah pada kolam anaerobik. Proses yang terjadi pada kolam ini adalah campuran antara proses anaerob dan aerob. Berikut merupakan perhitungan untuk kolam stabilisasi fakultatif :

Kolam Fakultatif 1

Q	= 48,09 m ³ /hari	
BOD inlet	= 2500 mg/L	
BOD outlet	= 750 mg/l	
Suhu	= 30 °C	
H	= 2,5 m	
K ₃₀	= K ₂₀ (1,06) ³⁰⁻²⁰	
	= 0,25 x 1,338	
	= 0,4477	
Td rencana	= ((So/Se)-1)x(1/k)	
	= 5 hari	
Volume kolam	= Q x Td	
	= 48,09 m ³ /hari x 5 hari	
	= 250,64 m ³	
As	= Volume / h	
	= 250,64 m ³ / 2,5 m	
	= 100,26 m ²	
P: L	= 3:1	
Lebar	= $\sqrt{\frac{100,26 \text{ m}^2}{3}}$	= 5,78 m
Panjang	= 2L	= 17,34 m
TSSin	= 80 mg/l	
Massa TSS	= [TSS] x [%Removal] x Q	

	$= 80 \text{ mg/l} \times 60\% \times 48,09 \text{ m}^3/\text{hari}$
	$= 1,92 \text{ kg/hari}$
ρ air	$= 1 \text{ kg/ m}^3$
ρ solid	$= 2,65 \text{ kg/m}^3$
ρ lumpur	$= (3\% \times \rho \text{ solid}) + (97\% \times \rho \text{ air})$
	$= (3\% \times 2,6 \text{ kg/m}^3) + (97\% \times 1 \text{ kg/ m}^3)$
	$= 1,05 \text{ kg/m}^3$
Massa lumpur	$= (100/3) \times \text{Massa TSS}$
	$= (100/3) \times 6.14 \text{ kg/hari}$
	$= 64,13 \text{ kg/hari}$
Volume lumpur	$= (\text{massa lumpur} / \rho \text{ lumpur})$
	$= 64,13 \text{ kg/hari} / 1,05 \text{ kg/m}^3$
	$= 0,061 \text{ m}^3/\text{hari}$
Q effluen	$= Q_{\text{influent}} - \text{Vol Lumpur}$
	$= 48,09 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,061 \text{ m}^3/\text{hari}$
	$= 48,03 \text{ m}^3/\text{hari}$
BOD effluen	$= 750 \text{ mg/l}$
COD effluen	$= 2100 \text{ mg/l}$
TSS effluen	$= 40 \text{ mg/l}$

Kolam Fakultatif 2

Q	$= 48,03 \text{ m}^3/\text{hari}$
BOD inlet	$= 750 \text{ mg/L}$
BOD outlet	$= 225 \text{ mg/l}$
Suhu	$= 30 \text{ }^\circ\text{C}$
H	$= 2,5 \text{ m}$
K_{30}	$= K_{20} (1,06)^{30-20}$
	$= 0,25 \times 1,338$
	$= 0,4477$
Td rencana	$= ((S_o/S_e)-1) \times (1/k)$
	$= 5 \text{ hari}$
Volume kolam	$= Q \times T_d$
	$= 48,03 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5 \text{ hari}$
	$= 250,3 \text{ m}^3$
As	$= \text{Volume} / h$
	$= 250,3 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ m}$
	$= 100,13 \text{ m}^2$
P: L	$= 3:1$

Lebar	$= \sqrt{\frac{100,13 \text{ m}^2}{3}}$	= 5,78 m
Panjang	= 2L	= 17,33 m
TSSin	= 40 mg/l	
Massa TSS	= [TSS] x [%Removal] x Q	
	= 40 mg/l x 60% x 48,03 m ³ /hari	
	= 0,96 kg/hari	
ρ air	= 1 kg/ m ³	
ρ solid	= 2,65 kg/m ³	
ρ lumpur	= (3% x ρ solid) + (97% x ρ air)	
	= (3% x 2,6 kg/m ³) + (97% x 1 kg/ m ³)	
	= 1,05 kg/m ³	
Massa lumpur	= (100/3) x Massa TSS	
	= (100/3) x 0,96 kg/hari	
	= 32,02 kg/hari	
Volume lumpur	= (massa lumpur / ρ lumpur)	
	= 32,02 kg/hari / 1,05 kg/m ³	
	= 0,031 m ³ / hari	
Q effluen	= Qinfluent - Vol Lumpur	
	= 48,03 m ³ /hari - 0.031 m ³ / hari	
	= 48 m ³ /hari	
BOD effluen	= 750 mg/l	
COD effluen	= 2100 mg/l	
TSS effluen	= 40 mg/l	

C. Kolam Maturasi

Kolam maturasi merupakan kolam sangat dangkal yang didesain untuk mendegradasi kandungan mikroorganisme patogen dan nutrisi. Degradasi mikroorganisme patogen dan *faecal coliform* dalam kolam maturasi dilakukan oleh sinar matahari, yaitu melalui proses *exogenous photosensitization* yang dimediasi oleh oksigen. Jumlah dan ukuran kolam maturasi yang dibangun sangat bergantung pada kualitas bakteriologi air olahan yang ingin dicapai. Kondisi kolam yang dangkal menyebabkan kolam ini hampir tidak memiliki stratifikasi secara vertikal dan oksigen terlarut terdapat pada keseluruhan kolom air. Keanekaragaman jenis alga pada kolam maturasi jauh lebih tinggi daripada kolam fakultatif (Curtis *et al.*, 1994, Varón, 2003; Lani Puspita *et al.*, 2005).

Q	= 48 m ³ /hari	
BOD inlet	= 225 mg/L	
BOD outlet	= 90 mg/l	
Suhu	= 30 °C	
H	= 1 m	
K ₃₀	= K ₂₀ (1,06) ³⁰⁻²⁰	
	= 0,25 x 1,338	
	= 0,4477	
Td rencana	= ((So/Se)-1)x(1/k)	
	= 3 hari	
Volume kolam	= Q x Td	
	= 48 m ³ /hari x 3 hari	
	= 160,82 m ³	
As	= Volume / h	
	= 160,82 m ³ / 1 m	
	= 160,82 m ²	
P: L	= 2:1	
Lebar	= $\sqrt{\frac{160,82 \text{ m}^2}{2}}$	= 8,97 m
Panjang	= 2L	= 17,93 m
TSSin	= 20 mg/l	
Massa TSS	= [TSS] x [%Removal] x Q	
	= 20 mg/l x 60% x 48 m ³ /hari	
	= 0,38 kg/hari	
ρ air	= 1 kg/ m ³	
ρ solid	= 2,65 kg/m ³	
ρ lumpur	= (3%x ρ solid)+(97% x ρ air)	
	= (3%x2,6 kg/m ³)+(97%x1kg/ m ³)	
	= 1,05 kg/m ³	
Massa lumpur	= (100/3) x Massa TSS	
	= (100/3) x 0,38 kg/hari	
	= 12,8 kg/hari	
Volume lumpur	= (massa lumpur / ρ lumpur)	
	= 12,8 kg/hari / 1,05 kg/m ³	
	= 0,012 m ³ / hari	
Q effluen	= Qinfluent - Vol Lumpur	
	= 48 m ³ /hari- 0,012 m ³ / hari	
	= 47,99 m ³ /hari	
BOD effluen	= 90 mg/l	

COD effluen	= 126 mg/l
TSS effluen	= 12 mg/l

Perhitungan N

Diketahui :

Q rata-rata air limbah	= 48 m ³ /hari
Øc	= 10 hari
So	= 225 mg/L
Se	= 90 mg/L
Y obs	= 0,65 (digunakan untuk removal BOD dan nitrifikasi)
[NH ₃]in	= 162 mg/l
[NH ₃]ef	= 5 mg/l (Baku Mutu)
$\frac{MLVSS}{MLSS}$	= 0,8
X MLSS	= 3500 mg/l
Kd	= 0,016/hari

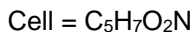
Penentuan Produksi Biomass (Px bio)

$$Px = \frac{0,65 \times Q \times (So - Se)}{1 + (kd \cdot \theta_c)}$$

$$Px = \frac{0,65 \times 48 \text{ m}^3/\text{hari} \times (225 - 90) \text{ mg/L}}{1 + (0,016 \times 10)}$$

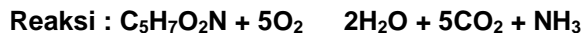
$$Px = 5,809 \text{ kg/ hari}$$

Penentuan Kebutuhan O₂ (RO)



$$\text{Mr} = 113$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio Endogeneous (Re)} &= \text{Mr O}_2 / \text{Mr Cell} \\ &= 160 / 113 \\ &= 1,42 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Ro} &= Q \times (So - Se) - \text{Re} \times Px \\ &= 48 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,225 - 0,09) \text{ kg/m}^3 - 1,42 \times 5,81 \text{ kg/hari} \\ &= 10,368 \text{ kg/hari} - 8,25 \text{ kg/hari} \\ &= 2,11 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan Nutrien

$$\begin{aligned}
 \text{TKN} &= 162 \text{ mg/L} = 0,162 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{N Input} &= Q \times \text{TKN} \\
 &= 48 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,162 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 7,77 \text{ kg/hari} \\
 \% \text{ Sel} &= \text{Berat Atom Nitrogen} / \text{Berat molekul} \\
 &= 14/113 \times 100\% \\
 &= 12 \% \\
 \text{N sintesa sel} &= \% \text{ sel} \times P_x \\
 &= 12\% \times 5,809 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,69 \text{ kg/hari} \\
 \text{Sisa N} &= \text{N input} - \text{N sintesa sel} \\
 &= 7,77 - 0,69 \\
 &= 7,08 \text{ kg/hari (Terjadi Nitrifikasi)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Nitrifikasi

$$\begin{aligned}
 K_n &= 0,7 \text{ kg.NH}_3\text{.N/m}^3 \\
 Y_n &= 0,15 \text{ g VSS/ g substrat} \\
 K &= 6 \text{ gr.COD/D VSS.hari} \\
 [\text{Se}] &= 0,09 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan utilitas substrat

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{k \cdot Se}{K_n + Se} = \frac{6 \cdot 0,09}{0,7 + 0,09} \\
 &= 0,683/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Konsentrasi N ef

$$\begin{aligned}
 [\text{NH}_3]_{\text{ef}} &= \frac{\text{Sisa N}}{Q} \\
 &= \frac{7,08 \text{ kg/hari}}{48 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 0,147 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 147 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Menghitung Øh

$$\begin{aligned}
 \emptyset h &= \frac{[\text{NH}_3]_{\text{in}} - [\text{NH}_3]_{\text{ef}}}{\frac{u \times X \text{ MLVSS}}{162 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 5 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}} \\
 &= \frac{0,683 \times 2800}{0,08 \text{ hari}} \\
 &= 1,92 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{NO}_x] &= \text{TKN} - [\text{NH}_3]_{\text{ef}} - \frac{0,12 \cdot P_{x\text{bio}}}{Q} \\
 &= 162 \text{ mg/l} - 5 \text{ mg/l} - \frac{0,12 \cdot 5,809 \text{ kg/hari}}{48 \text{ m}^3/\text{hari}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,142 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 142 \text{ mg/l} \\
 \text{Ro baru} &= \text{Ro} + 4,57 \times Q \times [\text{NO}_x] \\
 &= 2,11 + (4,57 \times 48 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,142 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 33,25 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Aerator

Dari perhitungan diatas, maka dapat diketahui bahwa kebutuhan O_2 sebesar 33,25 kg/hari. Untuk memenuhi kebutuhan O_2 dari perhitungan N, maka diperlukan *aerator* untuk menyediakan O_2 yang cukup. *Aerator* yang digunakan berupa *surface aerator*. Dengan spesifikasi seperti berikut:

- Tipe : OTA – 05
- O_2 transfer : 6,8 KgO_2/jam
- Power Motor : 5 HP/3 phase/2900rpm/50Hz

Dengan spesifikasi tersebut maka kebutuhan O_2 dapat tercukupi dengan jumlah *surface aerator* sebanyak 4 unit agar suplai oksigen dapat merata di seluruh kolam.

Sesuai perhitungan diatas, maka dimensi dari tiap unit di IPL adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 27 Dimensi IPL

Unit	P (m)	L (m)	As (m^2)
Sumur Pengumpul	0,86	0,43	0,45
Anaerobik 1	33	17	561
Anaerobik 2	24	12	288
Fakultatif 1	18.	6	108
Fakultatif 2	18	6	108
Maturasi	18	9	162

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB VI

BILL OF QUANTITY dan RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rencana Anggaran Biaya (RAB) berisi tentang perhitungan biaya yang diperlukan dalam perencanaan TPA berdasarkan BOQ yang telah dibuat. RAB ini mengikuti harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Kabupaten Pasuruan tahun 2018. Hasil analisis BOQ dan RAB dapat dilihat di Tabel 6.1. Berdasarkan hasil analisis, biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan TPA Kabupaten Pasuruan seluas 4,5 ha Rp 23.178.559.365 (dua puluh tiga milyar seratus tujuh puluh delapan juta lima ratus lima puluh sembilan ribu tiga ratus enam puluh lima rupiah).

6.1 Pekerjaan Persiapan

Pada tahap persiapan ini dilakukan pembersihan lahan sehingga lahan bebas dari gangguan seperti tumbuhan, batuan. Luas yang dibersihkan yaitu seluas 4,5 hektar. Selain itu, diperlukan pemasangan bowplank sebagai patokan panjang, lebar, maupun tinggi suatu bangunan.

Tabel 6. 1 Panjang Keliling Bangunan pada TPA

No	Jenis Bangunan	Keliling (m)
1	Gerbang	25,8
2	Pos Jaga	9,6
3	Jembatan Timbang	24,18
4	Kantor	32
5	Laboratorium	30
6	Garasi dan Bengkel	50
7	Tempat Cuci Alat Berat	30
8	Instalasi Pengolahan Gas	60
9	Instalasi Pengolahan Lindi	164
10	Zona 1	532
11	Zona 2	496,8
Total		1454,38

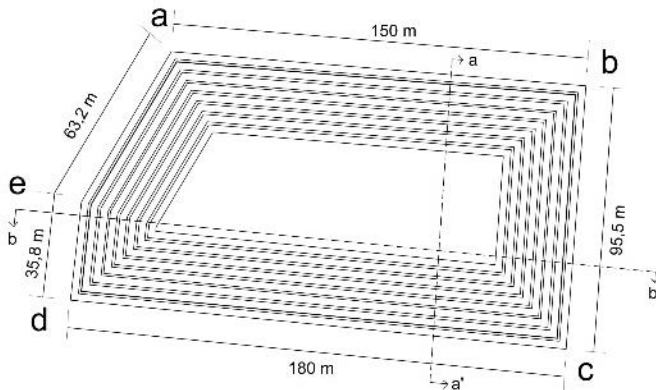
Untuk membantu akomodasi kendaraan operasional dibutuhkan jalan sementara selebar 3 meter, sepanjang 163,7 m, sehingga diketahui luas sebesar 491,1 m².

Tabel 6. 2 BOQ dan RAB Pekerjaan Persiapan

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan Lahan	450000	m ²	Rp15.525	Rp6.986.250.000
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	1454,38	m ²	Rp123.730	Rp179.949.928
4	Pembuatan Jalan Sementara	491,1	m ²	Rp144.200	Rp70.816.620

6.2 Pekerjaan Galian Tanah dan Liner di Landfill

Galian dilakukan pada zona 1 dan zona 2 sebagai zona penimbunan sampah, pada perencanaan ini galian zona penimbunan memiliki kedalaman 2 m. Denah zona penimbunan zona 1 dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Denah Zona 1

Menghitung volume zona penimbunan menggunakan rumus limas terpancung yaitu:

$$\text{Volume} = 1/3 h \times (La + Lb + (La.Lb)^{0,5})$$

Diketahui:

- Tinggi = 2 m
- Luas atas = 14.227 m²
- Luas bawah = 15.995 m²
- Volume = $1/3 \times 2 \text{ m} \times (14.227 \text{ m}^2 + 15.995 \text{ m}^2 + (14.227 \text{ m}^2 \times 15.995 \text{ m}^2)^{0,5})$
- Volume = 30.204 m³

Untuk perhitungan volume zona galian selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6. 3 Dimensi Zona 1

No	Sisi	Panjang (m)
1	a-b	144,5
2	b-c	88,5
3	c-d	172,7
4	d-e	31,6
5	e-a	60,3
Luas Bawah (m ²)		14.227
1	a-b	150
2	b-c	95,5
3	c-d	180
4	d-e	35,8
5	e-a	63,2
Luas Atas (m ²)		15.995
Volume (m ³)		30.204

Sementara untuk dimensi zona 2 dapat diketahui dimensinya pada Tabel 6.4.

Tabel 6. 4 Dimensi Zona 2

No	Sisi	Panjang
1	a-b	107,4
2	b-c	28
3	c-d	102,3
4	d-e	124,7
5	e-a	107
Luas Bawah (m ²)		13737
1	a-b	107,4
2	b-c	28
3	c-d	102,3
4	d-e	124,7
5	e-a	107
Luas Atas (m ²)		15410,73
Volume (m ³)		29147,73

Jika ditotal maka volume galian yang dibutuhkan pada zona penimbunan 1 dan 2 adalah 59369,73 m³. Setelah digali, tanah tersebut dipadatkan menggunakan alat. Luas tanah yang dibutuhkan untuk pemadatan adalah luas zona penimbunan 1 sebesar 15995 m² dan untuk zona 2 sebesar 15410,73 m². Dan jika ditotal didapat luas sebesar 31405 m².

Kebutuhan *geomembrane* dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6. 5 Kebutuhan *Geomembrane* Zona 1

Nama Panel	Lebar (m)	Overlap (m)	Total Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m ²)
A1	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A2	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A3	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A4	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A5	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A6	6,8	0,2	7	95,3	667,1

Nama Panel	Lebar (m)	Overlap (m)	Total Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m²)
A7	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A8	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A9	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A10	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A11	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A12	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A13	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A14	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A15	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A16	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A17	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A18	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A19	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A20	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A21	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A22	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A23	6,8	0,2	7	87,7	613,9
A24	6,8	0,2	7	73,3	513,1
A25	6,8	0,2	7	58	406
A26	6,8	0,2	7	43,7	305,9
Total (m ²)					16515
Luas 1 Roll Liner (m ²)					980
Jumlah Roll yang dibutuhkan Zona 1 (unit)					17

Tabel 6. 6 Kebutuhan Geomembrane Zona 2

Nama Panel	Lebar (m)	Overlap (m)	Total Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m²)
B1	6,8	0,2	7	131	917
B2	6,8	0,2	7	131	917

Nama Panel	Lebar (m)	Overlap (m)	Total Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m ²)
B3	6,8	0,2	7	131	917
B4	6,8	0,2	7	131	917
B5	6,8	0,2	7	131	917
B6	6,8	0,2	7	131	917
B7	6,8	0,2	7	131	917
B8	6,8	0,2	7	131	917
B9	6,8	0,2	7	131	917
B10	6,8	0,2	7	131	917
B11	6,8	0,2	7	131	917
B12	6,8	0,2	7	126	882
B13	6,8	0,2	7	128	896
B14	6,8	0,2	7	130	910
B15	6,8	0,2	7	130	910
B16	6,8	0,2	7	130	910
B17	6,8	0,2	7	117	819
B18	6,8	0,2	7	70	490
Total (m ²)					15904
Luas 1 Roll Liner (m ²)					980
Jumlah Roll yang dibutuhkan Zona 1 (unit)					17

Sehingga jika ditotal kebutuhan *geomembrane* sebanyak 34 roll.

Tabel 6. 7 BOQ da RAB Pekerjaan Galian Tanah dan Liner Landfill TPA

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Galian Tanah <i>Landfill</i> TPA					
1	Galian tanah biasa sedalam 2 meter	59369,73	m ³	Rp88.493	Rp5.253.775.832
2	Pemadatan Tanah dengan Alat	31405	m ³	Rp106.720	Rp3.351.541.600

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
3	Pekerjaan Penutupan Geomembrane t=1,5 mm	34	roll	Rp1.605.076	Rp54.572.567

6.3 Pekerjaan Pemasangan Pipa Lindi

Pemasangan pipa lindi di TPA ini menggunakan pipa HDPE dengan diameter 300 mm untuk pipa pada zona penimbunan, dan pada pipa penyalur dari zona penimbunan ke IPL memiliki diameter sebesar 600 mm. Berikut adalah dimensi pipa lindi pada zona penimbunan yang dapat dilihat pada Tabel 6.8 dan Tabel 6.9.

Tabel 6. 8 Dimensi Pipa Lindi Zona 1

No	Nama Pipa	Panjang (m)
1	L1-L2	73,3
2	L1-L3	73,3
3	L4-L5	73,3
4	L4-L6	73,3
5	L7-L8	73,3
6	L7-L9	73,3
7	L10-L11	73,3
8	L10-L12	73,3
9	L10-L7	18,6
10	L7-L4	18,6
11	L4-L1	18,6
Total		642,2

Tabel 6. 9 Dimensi Pipa Lindi Zona 2

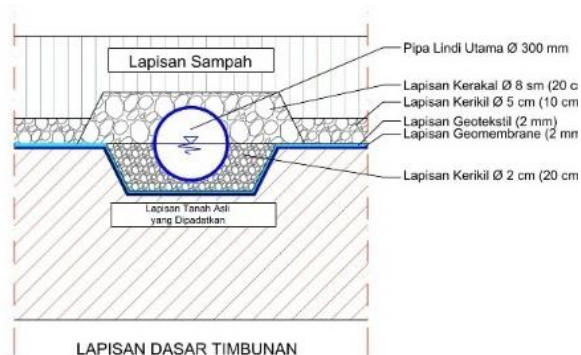
No	Nama Pipa	Panjang (m)
1	A2-A1	50,1
2	A2-A3	50,1
3	A5-A6	50,1
4	A5-A4	50,1
5	A8-A7	50,1

No	Nama Pipa	Panjang (m)
6	A8-A9	50,1
7	A11-A12	50,1
8	A11-A10	50,1
9	A14-A13	50,1
10	A14-A15	50,1
11	A2-A5	23,7
12	A5-A8	23,7
13	A8-A11	23,7
14	A11-A14	23,7
Total		595,8

Untuk gambar pipa lindi dapat dilihat Lampiran R. Sehingga jika ditotal maka total kebutuhan pipa lindi HDPE dengan diameter 300 mm adalah 1238 m. Dan untuk pipa penyalur lindi dari zona penimbunan ke IPL dibutuhkan pipa HDPE berdiameter 600 mm dengan panjang 201,75 m.

Pipa lindi perlu dilapisi oleh urugan kerikil 3/5 seperti pada Gambar 6.2. Lebar yang dibutuhkan 1 meter dengan kedalaman 0,8 meter, sehingga volume urugan dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &\text{-Luas penampang} &&= \text{Luas Trapesium} \\
 &\text{-Luas Trapesium} &&= 0,5 \times (\text{panjang atas} + \text{panjang bawah}) \times \text{tinggi} \\
 & &&= 0,5 \times (1 \text{ m} + 1,2 \text{ m}) \times 0,8 \text{ m} \\
 & &&= 0,88 \text{ m}^2 \\
 &\text{-Volume} &&= \text{Luas penampang} \times \text{panjang} \\
 &\text{-Volume} &&= 0,88 \text{ m}^2 \times 0,8 \text{ m} \\
 & &&= 0,704 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 2 Detil Lapisan pada Sistem Penyaluran Lindi

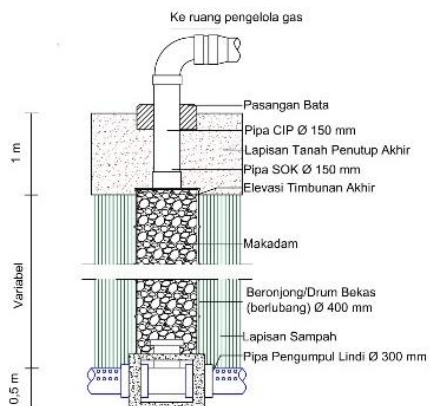
Tabel 6. 10 BOQ dan RAB Pekerjaan Pipa Lindi

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Pemasangan Pipa Lindi					
1	Pemasangan pipa pengumpul lindi HDPE diameter 300 mm	1238	m	Rp122.077	Rp151.131.326
2	Pemasangan pipa pengumpul lindi HDPE diameter 600 mm	201,75	m	Rp362.715	Rp73.177.751
3	Urugan kerikil 3-5 cm.	990,4	m ³	Rp279.000	Rp276.321.600

6.4 Pekerjaan Pipa Gas

Pipa gas pada TPA ini memiliki 18 saluran vertikal untuk membawa gas yang dihasilkan oleh sampah ke instalasi

pengolahan gas. Potongan pada saluran gas ini dapat dilihat pada Gambar 6.3.



Gambar 6. 3 Potongan Pipa

Pipa gas disalurkan menggunakan pipa PVC dengan diameter 110 mm. Dimensi pipa gas dapat dilihat pada Tabel 6.11.

Tabel 6. 11 Dimensi Pipa Gas

No	Nama Pipa	Panjang (m)
1	G1	50
2	G2	50
3	G3	9
4	G4	33
5	G5	50
6	G6	50
7	G7	58,9
8	F1	41,4
9	F2	41,4
10	F3	21,6
11	F4	50,1
12	F5	40
13	F6	41,4
14	F7	41,4

No	Nama Pipa	Panjang (m)
15	F8	23,7
16	F9	112
Total		713,9

Untuk gambar denah saluran gas TPA dapat dilihat lampiran R. Saluran gas vertikal digunakan drum yang diisi oleh batu makadam 5/7. Perhitungan drum yang dibutuhkan sebagai berikut:

- Volume drum = 200 liter
- Diameter = 580 mm
- Tinggi = 930 mm

-Tinggi Timbunan Sampah = 12 m

-Drum yang dibutuhkan untuk setiap saluran vertikal
 = 12 m / 0,93 m
 = 12,24 ~ 13 buah

-Drum yang dibutuhkan untuk semua zona penimbunan
 = 13 buah x 18 saluran vertikal
 = 108 buah

Untuk batu makadam dibutuhkan sebanyak volume drum, karena batu makadam akan mengisi drum untuk menyalurkan gas yang dihasilkan oleh sampah.

- Volume total drum = 200 liter x 108 buah
 = 21,6 m³

-Volume batu makadam yang dibutuhkan sebanyak 21,6

m³

Tabel 6. 12 BOQ dan RAB Pekerjaan Pipa Gas

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Pemasangan Pipa Gas					
1	Pengadaan dan Pemasangan Pipa PVC Ø 110 mm	713,9	m	Rp55.705	Rp39.767.692

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
2	Batu Makadam 5/7	21,6	m ³	Rp215.300	Rp4.650.480
3	Drum 200 liter Ø 400 mm	108	unit	Rp150.000	Rp16.200.000
4	Box joint pipa lindi dengan pipa gas	18	unit	Rp253.824	Rp4.568.835

6.5 Pekerjaan Saluran Drainase

Saluran drainase pada TPA ini batu kali, menurut perhitungan maka dibutuhkan dimensi saluran drainase pada area *non dumping* yaitu dengan kedalaman 0,96 m, lebar 1,3 m, panjang 196 m, dan ketebalan sebesar 30 cm. Sehingga volume batu kali yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{-Luas Penampang} &= (1,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) + (2 \times (0,96 \text{ m} \times 0,3 \text{ m})) \\
 &= 0,966 \text{ m}^2 \\
 \text{-Volume Total} &= \text{Luas penampang} \times \text{Panjang} \\
 &= 0,966 \times 196 \\
 &= 189,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk area dumping dimensi saluran yaitu lebar 0,65 m, tinggi 0,53 m dan panjang 1039 m. Maka volume batu kali yang dibutuhkan untuk drainase area dumping adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{-Luas Penampang} &= (0,53 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) + (2 \times (0,65 \text{ m} \times 0,3 \text{ m})) \\
 &= 0,549 \text{ m}^2 \\
 \text{-Volume Total} &= \text{Luas penampang} \times \text{Panjang} \\
 &= 0,549 \times 1039 \\
 &= 570,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 6. 13 BOQ dan RAB Pekerjaan Drainase

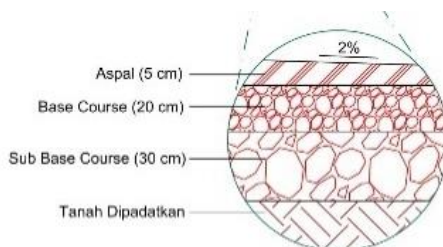
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Drainase (Batu Kali)					
1	Pemasangan Drainsae non Dumping Area dengan Batu Kali 15/20	188,18	m ³	Rp495.096	Rp93.167.117
2	Pemasangan Drainsae Dumping Area dengan Batu Kali 15/20	533	m ³	Rp495.096	Rp263.886.033

6.6 Pekerjaan Jalan Akses

Jalan akses pada TPA merupakan jalan tipe C, dimana panjang jalan akses yang dibutuhkan pada TPA ini adalah 163 meter dengan lebar 8 meter, maka luas pekerjaan jalan akses ini yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\
 &= 163 \text{ m} \times 8 \text{ m} \\
 &= 1034 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jalan akses memiliki lapisan dasar seperti pada Gambar 6.4, lapisan dasar terdiri dari *Base course* setebal 20 cm dan *sub base course* setebal 30 cm. Maka total kedalaman lapisan dasar yaitu 50 cm.



Gambar 6. 4 Lapisan dasar jalan akses

Volume lapisan dasar yang dibutuhkan pada pekerjaan ini adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 163 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 652 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 6. 14 BOQ dan RAB Pekerjaan Jalan Akses

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Jalan Akses					
1	Pekerjaan pondasi jalan (tebal = 50 cm)	1304	m ²	Rp3.400.000	Rp4.433.600.000
2	Lapisan agregat pondasi jalan kelas C (tebal=0,2 m)	652	m ³	Rp172.304	Rp112.342.208
3	Pekerjaan pengaspalan	1304	m ²	Rp70.100	Rp91.410.400

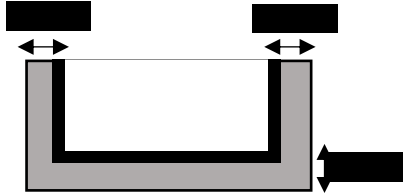
6.7 Pekerjaan Instalasi Pengolahan Lindi

Pada TPA ini digunakan 1 sumur pengumpul, 2 kolam anaerobik, 2 kolam fakultatif, dan 1 kolam maturasi dengan dimensi.

Tabel 6. 15 Dimensi IPL

Unit	P (m)	L (m)	Tinggi (m)
Sumur Pengumpul	0,86	0,43	1
Anaerobik 1	33	17	3
Anaerobik 2	24	12	3
Fakultatif 1	18.	6	1
Fakultatif 2	18	6	1
Maturasi	18	9	1

Volume galian tanah yang diperlukan adalah volume masing-masing unit ditambahkan 1 meter, kecuali sumur pengumpul ditambahkan 20 cm, berikut gambar galian tanah:



Gambar 6. 5 Ilustrasi Galian Tanah

6.7.1 Sumur pengumpul

Pada sumur pengumpul dibutuhkan:

- Volume sumur = panjang x lebar x tinggi
 $= 0,86 \text{ m} \times 0,43 \text{ m} \times 1 \text{ m}$
 $= 0,369 \text{ m}^3$
- Volume galian = panjang x lebar x tinggi
 $= 1,06 \text{ m} \times 0,63 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$
 $= 0,801 \text{ m}^3$
- Volume urugan tanah = Volume galian – Volume Kolam
 $= 0,801 \text{ m}^3 - 0,369 \text{ m}^3$
 $= 0,432 \text{ m}^3$
- Volume urugan pasir
 Direncanakan pasir diurug setinggi 20 cm
 $= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$
 $= 0,86 \text{ m} \times 0,43 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
 $= 0,07 \text{ m}^3$
- Volume pekerjaan beton
 Tebal beton adalah 30 cm
 Volume dasar sumur = panjang x lebar x tebal
 $= 0,86 \text{ m} \times 0,43 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
 $= 0,11 \text{ m}^3$
 Volume dinding sumur = panjang x tinggi x tebal
 $= 0,86 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
 $= 0,258 \text{ m}^3$
 Volume dinding sumur = lebar x tinggi x tebal
 $= 0,43 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
 $= 0,129 \text{ m}^3$
 Total Volume Beton = $(0,11 + 0,25 + 0,129) \text{ m}^3$
 $= 0,497 \text{ m}^3$
- Luas Plesteran

$$\begin{aligned}
 &= \text{luas dasar} + (2 \times \text{luas dinding A}) + \\
 &\quad (2 \times \text{luas dinding B}) \\
 &= 0,368 \text{ m}^2 + (2 \times 0,86 \text{ m}^2) + (2 \times 0,43 \text{ m}^2) \\
 &= 2,948 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

6.7.2 Kolam Anaerobik 1

Pada kolam anaerobik dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 \text{-Volume kolam} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 33 \text{ m} \times 17 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\
 &= 1683 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Volume galian} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 33,5 \text{ m} \times 17,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\
 &= 2051,87 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-Volume urugan tanah} &= \text{Volume galian} - \text{Volume Kolam} \\
 &= 2051,87 \text{ m}^3 - 1683 \text{ m}^3 \\
 &= 368,87 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

-Volume urugan pasir

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan pasir diurug setinggi 20 cm} \\
 &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 33 \text{ m} \times 17 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\
 &= 112,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

-Volume pekerjaan beton

Tebal beton adalah 30 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Volume dasar sumur} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal} \\
 &= 33 \text{ m} \times 17 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 168,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume dinding sumur} &= \text{panjang} \times \text{tinggi} \times \text{tebal} \\
 &= 33 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 29,7 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume dinding sumur} &= \text{lebar} \times \text{tinggi} \times \text{tebal} \\
 &= 17 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 15,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Volume Beton} &= (168,3 + 29,7 + 15,3) \text{ m}^3 \\
 &= 213,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Luas Plesteran

$$\begin{aligned}
 &= \text{luas dasar} + (2 \times \text{luas dinding A}) \\
 &\quad + (2 \times \text{luas dinding B}) \\
 &= 561 \text{ m}^2 + (2 \times 99 \text{ m}^2) + (2 \times 51 \text{ m}^2) \\
 &= 861 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

6.7.3 Kolam Anaerobik 2

Pada kolam anaerobik dibutuhkan:

- Volume kolam = panjang x lebar x tinggi
= 24 m x 12 m x 3 m
= 864 m³
- Volume galian = panjang x lebar x tinggi
= 24,5 m x 12,5 m x 3,5 m
= 1071,8 m³
- Volume urugan tanah = Volume galian – Volume Kolam
= 1071,8 m³ - 864 m³
= 207,8 m³
- Volume urugan pasir
Direncanakan pasir diurug setinggi 20 cm
= panjang x lebar x tinggi
= 24 m x 12 m x 0,2 m
= 57,6 m³
- Volume pekerjaan beton
Tebal beton adalah 30 cm
Volume dasar sumur = panjang x lebar x tebal
= 24 m x 12 m x 0,3 m
= 86,4 m³
Volume dinding sumur = panjang x tinggi x tebal
= 24 m x 3 m x 0,3 m
= 21,6 m³
Volume dinding sumur = lebar x tinggi x tebal
= 12 m x 3 m x 0,3 m
= 10,8 m³
Total Volume Beton = (86,4 + 21,6 + 10,8) m³
= 118,8 m³
- Luas Plesteran
= luas dasar + (2 x luas dinding A)
+ (2 x luas dinding B)
= 288 m² + (2x72 m²) + (2 x 36 m²)
= 504 m²

6.7.4 Kolam Fakultatif 1 dan 2

Pada kolam anaerobik dibutuhkan:

- Volume kolam = panjang x lebar x tinggi

$$\begin{aligned}
 &= 18 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\
 &= 108 \text{ m}^3 \\
 &= 108 \times 2 \text{ unit kolam fakultatif} \\
 &= 216 \text{ m}^3 \\
 \text{-Volume galian} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 18,5 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 180,37 \text{ m}^3 \\
 &= 180,37 \times 2 \text{ unit kolam fakultatif} \\
 &= 360,75 \text{ m}^3 \\
 \text{-Volume urugan tanah} &= \text{Volume galian} - \text{Volume Kolam} \\
 &= 360,75 \text{ m}^3 - 216 \text{ m}^3 \\
 &= 207,8 \text{ m}^3 \\
 \text{-Volume urugan pasir} \\
 \text{Direncanakan pasir diurug setinggi 20 cm} \\
 &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 18 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\
 &= 21,6 \text{ m}^3 \\
 &= 21,6 \times 2 \text{ unit kolam fakultatif} \\
 &= 43,2 \text{ m}^3 \\
 \text{-Volume pekerjaan beton} \\
 \text{Tebal beton adalah 30 cm} \\
 \text{Volume dasar sumur} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal} \\
 &= 18 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 32,4 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume dinding sumur} &= \text{panjang} \times \text{tinggi} \times \text{tebal} \\
 &= 18 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 5,4 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume dinding sumur} &= \text{lebar} \times \text{tinggi} \times \text{tebal} \\
 &= 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 1,8 \text{ m}^3 \\
 \text{Total Volume Beton} &= (32,4 + 5,4 + 1,8) \text{ m}^3 \\
 &= 39,6 \text{ m}^3 \\
 &= 39,6 \times 2 \text{ unit kolam fakultatif} \\
 &= 79,2 \text{ m}^3 \\
 \text{- Luas Plesteran} \\
 &= \text{luas dasar} + (2 \times \text{luas dinding A}) \\
 &\quad + (2 \times \text{luas dinding B}) \\
 &= 108 \text{ m}^2 + (2 \times 18 \text{ m}^2) + (2 \times 6 \text{ m}^2) \\
 &= 156 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$= 156 \times 2 \text{ unit kolam fakultatif}$$

$$= 312 \text{ m}^2$$

6.7.5 Kolam Maturasi

Pada kolam anaerobik dibutuhkan:

- Volume kolam = panjang x lebar x tinggi

$$= 18 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$= 162 \text{ m}^3$$
- Volume galian = panjang x lebar x tinggi

$$= 18,5 \text{ m} \times 9,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 263,625 \text{ m}^3$$
- Volume urugan tanah = Volume galian – Volume Kolam

$$= 263,625 \text{ m}^3 - 162 \text{ m}^3$$

$$= 101,62 \text{ m}^3$$
- Volume urugan pasir
 Direncanakan pasir diurug setinggi 20 cm

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$= 18 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 32,4 \text{ m}^3$$
- Volume pekerjaan beton
 Tebal beton adalah 30 cm
 Volume dasar sumur = panjang x lebar x tebal

$$= 18 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 48,6 \text{ m}^3$$
- Volume dinding sumur = panjang x tinggi x tebal

$$= 18 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 5,4 \text{ m}^3$$
- Volume dinding sumur = lebar x tinggi x tebal

$$= 9 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 2,7 \text{ m}^3$$
- Total Volume Beton = (48,6 + 5,4 + 2,7) m³

$$= 56,7 \text{ m}^3$$
- Luas Plesteran

$$= \text{luas dasar} + (2 \times \text{luas dinding A})$$

$$+ (2 \times \text{luas dinding B})$$

$$= 162 \text{ m}^2 + (2 \times 18 \text{ m}^2) + (2 \times 9 \text{ m}^2)$$

$$= 216 \text{ m}^2$$

Tabel 6. 16 BOQ dan RAB Instalasi Pengolahan Lindi

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan IPL					
Pekerjaan Sumur Penampung					
1	Galian 1 m	0,801	m ³	Rp72.163	Rp57.802
2	Pengurugan Tanah Kembali	0,432	m ³	Rp52.325	Rp22.604
3	Pasir Urug	0,07	m ³	Rp211.025	Rp14.772
4	Pekerjaan Beton Bertulang K-250	0,497	m ³	Rp1.285.400	Rp638.844
5	Pekerjaan Plesteran 1:2 tebal 15 mm	2,948	m ³	Rp72.000	Rp212.256
6	Pekerjaan Pembuatan Rumah Pompa	1	unit	Rp20.000.000	Rp20.000.000
7	Pekerjaan pengadaan & pemasangan mesin pompa	2	unit	Rp5.449.500	Rp10.899.000
8	Pekerjaan Pemasangan Pipa Penyalur diameter PVC Ø 110 mm	3	m	Rp55.705	Rp167.115
Pekerjaan Kolam Anaerobik 1					
1	Galian 3 m	2051,87	m ³	Rp105.076	Rp215.601.266
2	Pengurugan Tanah Kembali	368,87	m ³	Rp52.325	Rp19.301.123
3	Pasir Urug	112,2	m ³	Rp211.025	Rp23.677.005
4	Pekerjaan Beton Bertulang K-250	213,3	m ³	Rp1.285.400	Rp274.175.820
5	Pekerjaan Plesteran 1:2 tebal 15 mm	861	m ²	Rp72.000	Rp61.992.000

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
6	Pekerjaan Pemasangan Pipa Penyalur PVC Ø 110 mm	6	m	Rp55.705	Rp334.229
Pekerjaan Kolam Anaerobik 2					
1	Galian 3 m	1071,8	m ³	Rp105.076	Rp112.619.921
2	Pengurugan Tanah Kembali	207,8	m ³	Rp52.325	Rp10.873.135
3	Pasir Urug	57,6	m ³	Rp211.025	Rp12.155.040
4	Pekerjaan Beton Bertulang K-250	86,4	m ³	Rp1.285.400	Rp111.058.560
5	Pekerjaan Plesteran 1:2 tebal 15 mm	504	m ²	Rp72.000	Rp36.288.000
6	Pekerjaan Pemasangan Pipa Penyalur PVC Ø 110 mm	6	m	Rp55.705	Rp334.229
Pekerjaan Kolam Fakultatif					
1	Galian 1 m	360,75	m ³	Rp72.163	Rp26.032.622
2	Pengurugan Tanah Kembali	207,8	m ³	Rp52.325	Rp10.873.135
3	Pasir Urug	43,2	m ³	Rp211.025	Rp9.116.280
4	Pekerjaan Beton Bertulang K-250	79,2	m ³	Rp1.285.400	Rp101.803.680
5	Pekerjaan Plesteran 1:2 tebal 15 mm	312	m ²	Rp72.000	Rp22.464.000
6	Pekerjaan Pemasangan Pipa Penyalur PVC Ø 110 mm	6	m	Rp55.705	Rp334.229
Pekerjaan Kolam Maturasi					

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Galian 1 m	162	m ³	Rp72.163	Rp11.690.325
2	Pengurugan Tanah Kembali	101,62	m ³	Rp52.325	Rp5.317.267
3	Pasir Urug	32,4	m ³	Rp211.025	Rp6.837.210
4	Pekerjaan Beton Bertulang K-250	56,7	m ³	Rp1.285.400	Rp72.882.180
5	Pekerjaan Plesteran 1:2 tebal 15 mm	216	m ²	Rp72.000	Rp15.552.000
6	Pekerjaan Pemasangan Pipa Penyalur PVC Ø 110 mm	3	m	Rp55.705	Rp167.115
7	Pekerjaan Pompa Resirkulasi	1	unit	Rp5.449.500	Rp5.449.500
8	<i>Surface aerator</i> Ecomix 5HP	4	unit	Rp30.000.000	Rp120.000.000

6.7.6 Pekerjaan Sumur Pemantau

Sumur pemantau direncanakan dengan kedalaman 20 m dan mempunyai diameter 1 m. Sehingga volume dari sumur pantau dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{-Volume} &= \text{Luas alas} \times \text{Tinggi} \\
 &= (3,14 \times r^2) \times \text{Tinggi} \\
 &= (3,14 \times (0,5 \times 0,5) \text{ m}^2) \times 20 \text{ m} \\
 &= 15,7 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-Volume 4 Sumur} &= 15,7 \text{ m}^3 \times 4 \text{ buah} \\
 &= 62,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 6. 17 BOQ dan RAB Pekerjaan Sumur Pantau

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Sumur Pantau	62,8	m ³	Rp907.714	Rp57.004.459

Maka dari perhitungan BOQ dan RAB diatas dapat diakumulasikan biaya yang dikeluarkan untuk perencanaan TPA ini yaitu sebesar:

Tabel 6. 18 Rekapitulasi Biaya

No	Uraian Kegiatan	Biaya (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 7.237.016.548
2	Pekerjaan Galian Tanah Landfill TPA	Rp 8.659.889.999
3	Pekerjaan Pemasangan Pipa Lindi	Rp 500.630.677
4	Pekerjaan Pemasangan Pipa Gas	Rp 65.187.007
5	Pekerjaan Drainase (Batu Kali)	Rp 357.053.150
6	Pekerjaan Jalan Akses	Rp 4.637.352.608
7	Pekerjaan IPL	Rp 1.148.318.317
8	Pekerjaan Sumur Pantau	Rp 57.004.459
Total		Rp 23.298.559.365

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini yaitu :

1. Perencanaan TPA *Sanitary Landfill* di Kabupaten Pasuruan memiliki luas 4,5 hektar, dengan 3 hektar menjadi zona penimbunan sampah. Metode yang digunakan dalam penimbunan sampah yaitu metode *trench* dengan sistem pengurugan dan kompaksi menggunakan alat berat dengan tingkat pemadatan sampah sebesar 600 kg/m^3 . Kedalaman dan ketinggian setiap lift nya 1,5 m dan direncanakan mempunyai 8 lift dengan kapasitas zona 1 sebesar $143.732,25 \text{ m}^3$ dan kapasitas zona 2 sebesar $141.843,73 \text{ m}^3$. Produksi gas metan sebesar 349.707 m^3 . Gas metan ditangkap melalui pipa ventilasi gas dan dimanfaatkan menjadi listrik, dimana potensi listrik yang dapat dimanfaatkan dari periode operasional TPA sebesar 427.800 kWh. Produksi lindi pada TPA ini sebesar $48,09 \text{ m}^3/\text{hari}$. Lindi nya diolah di IPL yang didalamnya terdapat 2 unit kolam anaerobik, 2 unit kolam fakultatif, dan 1 unit kolam maturasi. Masa pakai TPA pengembangan selama 4 tahun, terhitung dari tahun 2018 hingga tahun 2021. Masa pakai ini dapat menjadi lebih panjang jika reduksi sampah semakin meningkat sebelum masuk ke TPA. Total biaya yang dibutuhkan untuk membangun TPA Kabupaten Pasuruan ini sebesar Rp 23.298.559.365 (dua puluh tiga milyar dua ratus sembilan puluh delapan juta lima ratus lima puluh sembilan ribu tiga ratus enam puluh lima rupiah).

7.2 Saran

Perlu adanya data pendukung yang meliputi data kekuatan tanah yaitu data *sondir* dan *boring* untuk mengetahui beban sampah yang dapat ditanggung oleh tanah, data muka air tanah untuk mengetahui kedalaman galian yang dapat dilakukan. Semakin dalam galian dan semakin besar kekuatan tanah untuk menahan beban, dapat menambah volume lift dan masa pakai TPA. Lalu, juga perlu ditambahkan lahan tambahan untuk masa tahun 2023 sampai tahun 2028 sebesar 3,3 hektar untuk menampung sampah yang tidak dapat ditampung di zona perencanaan karena kapasitas yang tidak mencukupi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz Q.S., Aziz A.H., Yussof S.M., Bashir J.K.M. dan Umar M. 2010. "Leachate Characterization In Semi-Aerobic and Anaerobic Sanitary Landfills : A comparative study". **Journal of Environmental Management** Vol. 91.
- Badan Standarisasi Nasional. 1994. Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan. SNI 19-3964-1994.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. Spesifikasi Timbulan Sampah untuk Kota Kecil dan Kota Sedang di Indonesia. SNI 19-3983-1995.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan. SNI 19- 2454-2002.
- Bilgili, S.M., Demir, A., dan Ozkaya. 2007. "Influence of Leachate Recirculation on Aerobic and Anaerobic Decomposition of Solid Wastes". **Journal of Hazardous Materials** 143:177-183.
- Chena Y.C., Chen K.S., dan Wu C.H. 2003. "Numerical Simulation of Gas Flow Around a Passive Vent In a Sanitary Landfill". **Journal of Hazardous Materials** B100, 39–52.
- Damanhuri, E., Ismaria, R. dan Padmi, T. 2006. **Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sistem Controlled Landfill dan Sanitary Landfill**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.
- Damanhuri, E. dan Padmi, T. 2010. **Pengelolaan Sampah Edisi Semester I**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.
- Dodi, N., Syafii, dan Raharjo, S. 2015. "Studi Kajian Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Kota Padang (Studi Kajian Di Tpa Air Dingin Kota Padang)". **Jurnal Teknik Elektro ITP**, Volume 4, No. 2; Juli 2015.
- El-Fadel, M., Findikakis, A.N. dan Leckie, J.O. 1997. *Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling*. Journal of Environmental Management, Vol. 50, No. 1, pp. 1-25.
- EPA. **Areas AirToxics Emissions**. 1999. Journal of Research Triangle Park ,Vol. EPA-453/F-99-002.

- Guyer, J. P. 2009. **Introduction to Sanitary landfills**. Continuing Education and Development, Inc.
- Heru R. dan R. Azizah. 2005. "Studi Tentang Perbedaan Jarak Perumahan Ke TPA Sampah Open Dumping Dengan Indikator Tingkat Kepadatan Lalat Dan Kejadian Diare (Studi Di Desa Kenep Kecamatan Beji Kabupaten Pasuruan)". **Jurnal Kesehatan Lingkungan**, Vol.1, No.2, Januari.
- Hogland, W., Marques, M. dan Nimmermark, S., 2004. "Landfill mining and waste characterization: a strategy for remediation of contaminated areas". **Journal of Material Cycles Waste Management** Vol. 6, pp. 119–124.
- Kheradmand, S., Karimi-Jashni, A. dan Sartaj, M. 2010. "Treatment of Municipal Landfill Leachate Using A Combined Anaerobic Digester and Activated Sludge System". **Journal of Waste Management**, Vol. 30, pp. 1025-1031.
- Kovacic, D. 1994. *Materials for The Final Cover of Sanitary Landfills*. Journal of Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik, Vol. 15, pp. 11-15.
- Laconi, C. D., Rossetti, S., Lopez, A., Ried, A. 2011. "Effective Treatment of Stabilized Municipal Landfill Leachates". **Chemical Engineering Journal** 168: 1085-1092.
- McDougall F.R., White P., Franke M. dan Hindle P. 2001. **Integrated Waste Management: A Life Cycle Inventory (2nd ed.)**. Blackwell Science: Oxford UK.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013. 2013. Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Jakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 Tahun 2016. 2016. Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.
- Purwanta, W. 2017. "Laju Produksi dan Karakterisasi Polutan Organik Lindi dari TPA Kaliwlingi, Kabupaten Brebes". **Jurnal Teknologi Lingkungan** Vol. 18, No 2, Juli 2017, 157-164
- Prihastini, L. (2011). "Dampak Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Winongo Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup". **Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes 7 Volume II Nomer 1**, Januari 2011 ISSN : 2086-3098.

- Qian X., Koener R. M. dan Gray D. H. 2002. "Geotechnical Aspet of Landfill Design and Construction". **Upper Saddle River**, New Jersey : Prentice Hall.
- Santoso, A, Iskandar, T. dan Rizal, M. 2012. Penerapan Value Engineering Untuk Struktur Pondasi Yang Efektif Dan Efisien Pada Pembangunan Gedung Olah Raga Di Kota Pasuruan. **Jurnal Info Manpro**, Volume 3, September 2012.
- Tchobanoglous G., Theisen H. dan Vigil S.A. 1993. **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**. New York : McGraw-Hill.
- Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008. Pengelolaan Sampah.
- US EPA. 1996. "Turning A Lialibility into An Asset : A Landfill Gas To Energy Project Development Handbook". United States.
- Wahid Iqbal dan Nurul C. 2009. **Ilmu Kesehatan Masyarakat: Teori dan Aplikasi**. Jakarta: Salemba Medika.
- Wang, X, Ajay, S, Nagprae, J, F.,. Barlaz, A,. 2013. "Article of Environmentak science and Technology". ACS Publications.
- Williams, P. T. 2005. **Waste Treatment and Disposal. Second Edition**. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Yedla, S. 2005. "Modified Landfill Design for Sustainable Waste Management". **International Journal Global Energy Issues**, Vol. 23, No.1, pp. 93-105.
- Ying D., Chuanyu C., Bin H., Yueen X., Xuejuan Z., Yingxu C. dan Weixiang W. 2012. "Characterization and Control of Odorous Gases at a Landfill Site: A Case Study In Hangzhou, China". **Journal of Waste Management**, Vol. 32, pp. 317–326.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LAMPIRAN A

Tabel Proyeksi Penduduk Metode Geometrik

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Geometrik				
		(X)	(Y)	XY	X ²	Y ²
2008	1471564	1	14,202	14,202	1	201,692
2009	1475365	2	14,204	28,409	4	201,765
2010	1516492	3	14,232	42,696	9	202,547
2011	1520978	4	14,235	56,939	16	202,631
2012	1531025	5	14,241	71,207	25	202,819
2013	1556700	6	14,258	85,548	36	203,293
2014	1569507	7	14,266	99,864	49	203,527
2015	1581787	8	14,274	114,193	64	203,749
2016	1593683	9	14,282	128,534	81	203,963
Jumlah	13817101	45	128,19	641,592	285	1825,986
r						0,985682

Tabel Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Aritmatika				
		(X)	(Y)	XY	X ²	Y ²
2008	1471564	0	0	0	0	0
2009	1475365	1	3801	3801	1	14447601
2010	1516492	2	41127	82254	4	1691430129

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Aritmatika				
		(X)	(Y)	XY	X ²	Y ²
2011	1520978	3	4486	13458	9	20124196
2012	1531025	4	10047	40188	16	100942209
2013	1556700	5	25675	128375	25	659205625
2014	1569507	6	12807	76842	36	164019249
2015	1581787	7	12280	85960	49	150798400
2016	1593683	8	11896	95168	64	141514816
Jumlah	13817101	36	122119	526046	204	2942482225
r						0,135280

Tabel Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Least Square				
		(X)	(Y)	XY	X ²	Y ²
2008	1471564	1	1471564	1471564	1	2165500606096
2009	1475365	2	1475365	2950730	4	2176701883225
2010	1516492	3	1516492	4549476	9	2299747986064
2011	1520978	4	1520978	6083912	16	2313374076484
2012	1531025	5	1531025	7655125	25	2344037550625
2013	1556700	6	1556700	9340200	36	2423314890000
2014	1569507	7	1569507	10986549	49	2463352223049
2015	1581787	8	1581787	12654296	64	2502050113369

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Least Square				
		(X)	(Y)	XY	X ²	Y ²
2016	1593683	9	1593683	14343147	81	2539825504489
Jumlah	12223418	45	13817101	70034999	285	21227904833401
r						0,9868

LAMPIRAN B
Data Hasil Sampling
Komposisi Sampah TPA Kenep

Komposisi	Berat rata-rata 8 hari (kg)	Persentase
Sampah sisa makanan	169,16	18,5%
Sampah Daun-daun	437,28	47,7%
Kayu	14,24	1,6%
Kertas, Kardus	40,45	4,4%
Kain/Tekstil	11,58	1,3%
Karet/Kulit	4,16	0,5%
Plastik	176,51	19,3%
Logam	3,02	0,3%
Gelas/Kaca	7,82	0,9%
dll	52,24	5,7%
Total	916,46	100%

Densitas Sampah di Kabupaten Pasuruan

Hari/tanggal	Densitas (kg/m³)
Rabu, 4 April 2018	145.6585
Kamis, 5 April 2018	210.9714
Jumat, 6 April 2018	151.8933
Sabtu, 7 April 2018	205.1905
Senin, 9 April 2018	163.1553
Selasa, 10 April 2018	153.6134
Rabu, 11 April 2018	161.5464
Kamis, 12 April 2018	142.6525
Rata-rata	166.8352

LAMPIRAN C

Proyeksi Timbulan Sampah Domestik Kabupaten Pasuruan 2018-2028

No	Kecamatan	Timbulan Sampah (m ³ /hari)											
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
1	Purwodadi	14,9	15,1	15,2	15,4	15,5	15,7	15,8	15,9	16,1	16,2	16,4	16,5
2	Kejayan	12,2	12,3	12,4	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0	13,2	13,3	13,4	13,5
3	Purwosari	10,9	11,0	11,1	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1
4	Prigen	39,8	40,2	40,6	41,0	41,4	41,8	42,1	42,5	42,9	43,3	43,7	44,1
5	Sukorejo	23,7	23,9	24,1	24,4	24,6	24,8	25,1	25,3	25,5	25,8	26,0	26,2
6	Pandaan	65,3	65,9	66,6	67,2	67,8	68,5	69,1	69,8	70,4	71,0	71,7	72,3
7	Gempol	56,4	57,0	57,5	58,1	58,6	59,2	59,7	60,3	60,8	61,4	61,9	62,5
8	B e j i	52,6	53,1	53,6	54,2	54,7	55,2	55,7	56,2	56,7	57,3	57,8	58,3
9	Bangil	79,9	80,6	81,4	82,2	83,0	83,8	84,6	85,3	86,1	86,9	87,7	88,5
10	Rembang	6,1	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5	6,6	6,7	6,7
11	Kraton	34,8	35,1	35,5	35,8	36,2	36,5	36,8	37,2	37,5	37,9	38,2	38,5
12	Pohjentrek	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7

Proyeksi Timbulan Sampah Non Domestik Kabupaten Pasuruan
Tahun 2018-2028

No	Tahun	Jumlah (kg/hari)	Jumlah (m ³ /hari)
1	2017	15156,77	90,85
2	2018	15305,34	91,74
3	2019	15453,92	92,63
4	2020	15602,49	93,52
5	2021	15751,07	94,41
6	2022	15899,64	95,30
7	2023	16048,22	96,19
8	2024	16628,60	99,67
9	2025	18076,57	108,35
10	2026	18240,88	109,33
11	2027	18405,19	110,32
12	2028	18569,50	111,30

Proyeksi Timbulan Sampah Kabupaten Pasuruan Tahun 2018-
2028

Tahun	Total Timbulan SRT (m ³ /hari)	Total Timbulan SSRT (m ³ /hari)	Total Timbulan SRT dan SSRT (m ³ /hari)	% Reduksi di Sumber	Timbulan Sampah Ke Landfill (m ³ /hari)
2018	411,09	91,739	502,83	1,19%	497
2019	415,08	92,630	507,71	4,39%	485
2020	419,07	93,520	512,59	7,59%	474
2021	423,06	94,411	517,47	10,79%	462
2022	427,05	95,302	522,35	13,99%	449
2023	431,04	96,192	527,24	17,19%	437
2024	435,03	99,671	534,71	20,39%	426

Tahun	Total Timbulan SRT (m³/hari)	Total Timbulan SSRT (m³/hari)	Total Timbulan SRT dan SSRT (m³/hari)	% Reduksi di Sumber	Timbulan Sampah Ke Landfill (m³/hari)
2025	439,03	108,350	547,38	23,59%	418
2026	443,02	109,335	552,35	26,79%	404
2027	447,01	110,320	557,33	29,99%	390
2028	451,00	111,304477	562,30	33,19%	376

LAMPIRAN D

Laju Produksi Gas Sampah Cepat Terurai

Akhir Tahun Ke-	Laju Produksi Gas	Produksi Gas
	m ³ /kg/tahun	m ³ /kg
0	0	
		0,052
1	0,105	
		0,092
2	0,078	
		0,065
3	0,052	
		0,039
4	0,026	
		0,013
5	0	
		0
Total		0,262

Laju Produksi Gas Sampah Lambat Terurai

Akhir Tahun Ke-	Laju Produksi Gas	Produksi Gas
	m ³ /kg/tahun	m ³ /kg
0	0	
		0,005
1	0,009	
		0,014
2	0,019	
		0,023
3	0,028	

Akhir Tahun Ke-	Laju Produksi Gas	Produksi Gas
	m ³ /kg/tahun	m ³ /kg
		0,033
4	0.037	
		0,042
5	0,047	
		0,044
6	0,042	
		0,040
7	0,037	
		0,035
8	0,033	
		0,030
9	0,028	
		0,026
10	0,023	
		0,021
11	0,019	
		0,016
12	0,014	
		0,012
13	0,009	
		0,007
14	0,005	
		0,002
15	0	
		0
Total		0,349

LAMPIRAN E
Total Produksi Gas Zona 1 Tahun 2018-2022

Akhir tahun ke-	Produksi Gas Landfill dari Sampah TPA Selama 4 Tahun						Produksi Gas (m ³)	Akumulasi Produksi (m ³)
	Laju produksi gas (m ³ /tahun)							
	2018	2019	2020	2021	2022	Total		
0	0					0,0	0,00	0,00
1	6984,1	0				6984,1	6387,2	6387,2
2	5950,9	6823,5	0			12774,4	15082,3	21469,5
3	4917,6	5814,0	6658,5	0		17390,2	19120,9	40590,4
4	3884,4	4804,6	5673,5	6489,2	0	20851,7	22015,5	62605,9
5	2851,2	3795,1	4688,4	5529,2	6315,4	23179,3	21092,4	83698,3
6	2566,1	2785,7	3703,4	4569,2	5381,1	19005,4	17283,9	100982,2
7	2281,0	2507,1	2718,3	3609,2	4446,8	15562,4	14197,4	115179,6
8	1995,8	2228,5	2446,5	2649,2	3512,5	12832,5	11815,2	126994,8
9	1710,7	1950,0	2174,6	2384,2	2578,2	10797,8	10118,7	137113,5
10	1425,6	1671,4	1902,8	2119,3	2320,4	9439,6	8760,4	145873,9
11	1140,5	1392,8	1631,0	1854,4	2062,6	8081,3	7402,2	153276,1

Akhir tahun ke-	Produksi Gas Landfill dari Sampah TPA Selama 4 Tahun						Produksi Gas (m ³)	Akumulasi Produksi (m ³)
	Laju produksi gas (m ³ /tahun)							
	2018	2019	2020	2021	2022	Total		
12	855,4	1114,3	1359,2	1589,5	1804,8	6723,0	6043,9	159320,0
13	570,2	835,7	1087,3	1324,6	1546,9	5364,8	4685,7	164005,6
14	285,1	557,1	815,5	1059,7	1289,1	4006,5	3327,4	167333,0
15	0	278,6	543,7	794,7	1031,3	2648,3	2111,7	169444,7
16		0	271,8	529,8	773,5	1575,1	1177,8	170622,6
17			0	264,9	515,6	780,6	519,2	171141,8
18				0	257,8	257,8	128,9	171270,7
19					0	0	0	171270,69

Total Produksi Gas Zona 2 Tahun 2023-2028

Akhir tahun ke-	Produksi Gas Landfill dari Sampah TPA Selama 4 Tahun							Produksi Gas (m³)	Akumulasi Produksi (m³)
	Laju produksi gas (m³/kg/tahun)								
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Total		
0	0,0						0,0	0,0	0,0
1	6137,3	0,0					6137,3	5606,5	6137,3
2	5229,3	5983,7	0,0				11213,0	13256,1	17350,3
3	4321,4	5098,5	5879,3	0,0			15299,1	16809,8	32649,4
4	3413,4	4213,3	5009,5	5684,2	0,0		18320,4	19310,9	50969,9
5	2505,5	3328,0	4139,7	4843,3	5484,8	0,0	20301,3	21112,8	71271,2
6	2255,0	2442,8	3269,9	4002,4	4673,3	5280,8	21924,2	20025,2	93195,4
7	2004,4	2198,5	2400,2	3161,5	3861,9	4499,6	18126,1	16541,9	111321,5
8	1753,9	1954,2	2160,2	2320,6	3050,5	3718,3	14957,7	13677,9	126279,2
9	1503,3	1710,0	1920,1	2088,5	2239,1	2937,1	12398,1	11412,1	138677,3
10	1252,8	1465,7	1680,1	1856,4	2015,2	2155,8	10426,1	9722,9	149103,3
11	1002,2	1221,4	1440,1	1624,4	1791,3	1940,3	9019,7	8316,5	158123,0

Akhir tahun ke-	Produksi Gas Landfill dari Sampah TPA Selama 4 Tahun							Produksi Gas (m³)	Akumulasi Produksi (m³)
	Laju produksi gas (m³/kg/tahun)								
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Total		
12	751,7	977,1	1200,1	1392,3	1567,4	1724,7	7613,3	6910,1	165736,2
13	501,1	732,8	960,1	1160,3	1343,5	1509,1	6206,9	5503,7	171943,1
14	250,6	488,6	720,1	928,2	1119,6	1293,5	4800,5	4097,3	176743,5
15	0,0	244,3	480,0	696,2	895,6	1077,9	3394,1	2816,1	180137,6
16		0,0	240,0	464,1	671,7	862,3	2238,2	1782,4	182375,8
17			0,0	232,1	447,8	646,8	1326,6	990,9	183702,4
18				0,0	223,9	431,2	655,1	435,3	184357,5
19					0,0	215,6	215,6	107,8	184573,1
20						0,0	0,0	0,0	184573,1

LAMPIRAN F

Curah Hujan Kecamatan Sukorejo Per Tahun

Tahun	Ri (mm)
2012	97
2013	98
2014	78
2015	134
2016	95
Rata-rata	100,40

LAMPIRAN G

Tabel HHM Metode Gumbel dan Rentang Keyakinan

PUH	Yt	Rt (mm)	K	b	Se	Rk	R _T dengan a = 90 %	+	-
2	0,367	76,288	-1,178	0,997	9,132	14,976	76.288 ± 9.132	91,265	61,312
5	1,500	123,155	1,111	1,950	17,858	29,288	123.155 ± 17.858	152,443	93,867
10	2,250	154,181	2,626	3,464	31,725	52,030	154.181 ± 31.725	206,210	102,151
25	3,199	193,393	4,541	5,440	49,814	81,695	193.393 ± 4.541	275,089	111,698
50	3,902	222,479	5,962	6,917	63,345	103,885	222.479 ± 6.917	326,365	118,594
100	4,600	251,350	7,372	8,388	76,814	125,975	251.350 ± 76.814	377,326	125,375

LAMPIRAN H
Intensitas Hujan Untuk Kota Jakarta

Durasi (menit)	Intensitas hujan Jakarta (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Intensitas Hujan Berdasarkan Metode Van Breen

Durasi (menit)	Intensitas hujan Sukorejo (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	134	152	179	224	239
10	122	129	160	194	210
20	109	117	142	168	180
40	81	89	111	131	143
60	65	75	94	113	125
120	38	46	59	72	79
240	22	28	35	44	50

LAMPIRAN I
Lengkung Intensitas PUH 5

t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I²	I² x t
5	180	900	32401	162007
10	144	1445	20876	208760
20	117	2340	13688	273768
40	89	3572	7972	318891
60	75	4495	5613	336775
120	46	5542	2133	255947
240	28	6650	768	184282
Jumlah	680	24944	83452	1740429

Lengkung Intensitas PUH 10

t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I²	I² x t
5	199	997	39776	198878
10	167	1671	27939	279387
20	142	2845	20230	404597
40	111	4440	12323	492929
60	94	5620	8773	526385
120	59	7077	3478	417353
240	35	8326	1203	288826
Jumlah	807	30976	113722	2608354

Lengkung Intensitas PUH 25

t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I ²	I ² x t
5	224	1119	50079	250396
10	194	1939	37615	376150
20	168	3357	28170	563391
40	131	5222	17041	681633
60	113	6788	12800	767973
120	72	8653	5200	623949
240	44	10443	1893	454422
Jumlah	945	37521	152797	3717914

LAMPIRAN J

Dokumentasi Kegiatan Sampling



Foto Kegiatan Penimbangan Sampah



Foto Kegiatan Pengukuran Densitas

LAMPIRAN K
Tabel Perhitungan Kapasitas Zona 1

No Lift	Tinggi (m)	Dimensi Bawah (m)					Luas Bawah (m ²)	Dimensi atas					Luas Atas (m ²)	Kemiringan (m)	Volume (m ³)	Akumulasi Volume Zona (m ³)
		a-b	b-c	c-d	d-e	e-a		a-b	b-c	c-d	d-e	e-a				
Di Bawah Galian																
0	2	144.5	88.5	172.7	31.6	60.3	14227	150.0	95.5	180.0	35.8	63.2	15995	4	30222	30222
Di Atas Galian																
1	1.5	150.0	95.5	180.0	35.8	63.2	15995	144.3	88.2	172.4	31.4	60.2	14158	3	22614.75	52836.75
2	1.5	144.3	88.2	172.4	31.4	60.2	14158	138.5	81.0	165.0	27.0	57.2	12420	3	19933.5	72770.25
3	1.5	138.5	81.0	165.0	27.0	57.2	12420	132.6	73.7	157.8	22.5	54.1	10783	3	17402.25	90172.5
4	1.5	132.6	73.7	157.8	22.5	54.1	10783	126.8	66.4	150.4	18.1	51.3	9247	3	15022.5	105195
5	1.5	126.8	66.4	150.4	18.1	51.3	9247	121.0	59.2	143.0	13.7	48.2	7810	3	12792.75	117987.75
6	1.5	121.0	59.2	143.0	13.7	48.2	7810	115.1	51.9	135.6	9.2	45.2	6474	3	10713	128700.75
7	1.5	115.1	51.9	135.6	9.2	45.2	6474	109.3	44.6	128.2	4.8	42.3	5238	3	8784	137484.75
8	1.5	109.3	44.6	128.2	4.8	42.3	5238	103.5	37.3	120.8	0.4	39.3	3092	3	6247.5	143732.25

Tabel Perhitungan Kapasitas Zona 2

No Lift	Tinggi (m)	Dimensi Bawah (m)					Luas Bawah (m ²)	Dimensi atas					Luas Atas (m ²)	Kemir-ingan (m)	Volume (m ³)	Akumulasi Volume Zona (m ³)
		a-b	b-c	c-d	d-e	e-a		a-b	b-c	c-d	d-e	e-a				
Di Bawah Galian																
0	2	107,4	28	102,3	124,7	107	13737	111,8	32	106,3	132	113,7	15411	3	29147,7	29147,7
Di Atas Galian																
1	1,5	111,8	32	106,3	132	113,7	15411	107,2	27,8	102	124,5	106,8	13672	3	21812,0	50959,7
2	1,5	107,2	27,8	102	124,5	106,8	13672	102,7	23,5	98	117	100	12072	3	19308,0	70267,7
3	1,5	102,7	23,5	98	117	100	12072	98,1	19,2	93,8	109,4	93,1	10530	3	16951,8	87219,6
4	1,5	98,1	19,2	93,8	109,4	93,1	10530	93,5	14,9	89,6	101,7	86,2	9088	3	14714,0	101933,5
5	1,5	93,5	14,9	89,6	101,7	86,2	9088	88,9	10,6	85,4	94	79,3	7746	3	12625,8	114559,3
6	1,5	88,9	10,6	85,4	94	79,3	7746	84,4	6,3	81,2	86,4	72,3	6504	3	10687,2	125246,5
7	1,5	84,4	6,3	81,2	86,4	72,3	6504	79,8	2	77	78	65,4	5360	3	9128,8	134375,2
8	1,5	79,8	2	77	78	65,4	5360	75,3	0	72,8	73,3	60,4	4598	3	7468,5	141843,7

LAMPIRAN L

Perhitungan Koefisien Pengaliran Tiap Blok

Blok	Jalur	Tipe Daerah Aliran	% Luas	C	Cr	Cr Kumulatif	Luas area (ha)	
B1	C6-C5	Bangunan	60%	0,75	0,45	0,595	0,41	
	C5-C4	Jalan	15%	0,8	0,12			
		Ruang Terbuka Hijau	25%	0,1	0,025			
B2	B5-C3	Bangunan	60%	0,75	0,45	0,84	0,12	
	C3-C2	Jalan	30%	0,8	0,24			
		Ruang Terbuka Hijau	60%	0,25	0,15			
B3	C2-C1	Bangunan	50%	0,75	0,375	0,72	0,06	
		Jalan	40%	0,8	0,32			
		Ruang Terbuka Hijau	10%	0,25	0,025			
B4	A4-C7	Jalan	60%	0,8	0,48	0,8	0,03	
		Ruang Terbuka Hijau	40%	0,25	0,32			
A1	A1-A2	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,66	
		Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
A2	A2-A3	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,20	
		Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
A3	A3-A4	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,45	
		Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
A4	A6-A5	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,45	
		Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
A5	A1-A7	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,45	
	A7-A6	Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
A6	B1-B8	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,45	
		Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
A7	B1-B2	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,45	
	B2-B3	Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
	B3-B4							
A8	B7-B6	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,45	
	B4-B5	Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			
A9	B8-B7	Lahan Kosong	5%	0,1	0,005	0,29	0,45	
		Tanah Berat Curam	95%	0,3	0,285			

LAMPIRAN M

Perhitungan Debit Limpasan

Saluran	Lo (m)	Cr	Luas (ha)	Ev. awal	Ev. akhir	Ho	So	Ld (m)	n	to (menit)	V (m/s)	td (menit)	tc (menit)	I (mm/jam)	Q (l/dtk)	Q (m3/dtk)
C6-C5	87,5	0,595	0,407	54	53,4	0,6	0,0069	33,43	0,015	79,72	0,6	0,93	80,65	86,22	58,017	0,058
C5-C4	14,04	0,595	2,061	53,4	52	1,4	0,0997	28,527	0,015	13,20	0,6	0,79	13,99	178,73	609,265	0,609
B5-C3	79,9	0,84	1,615	50	49,8	0,2	0,0025	13,5	0,015	54,70	0,6	0,38	55,07	101,92	384,317	0,384
C3-C2	13,8	0,84	3,769	49,6	49,4	0,2	0,0145	62,874	0,015	12,73	0,6	1,75	14,48	176,40	1552,579	1,553
C2-C1	25,1	0,72	3,827	49,4	49,2	0,2	0,0080	24,3	0,015	30,58	0,6	0,68	31,25	129,64	993,112	0,993
A4-C7	13,03	0,8	1,654	52,5	52	0,5	0,0384	16,1	0,015	10,35	0,6	0,45	10,80	197,07	724,917	0,725
A1-A2	28,5	0,29	0,657	59	51,4	7,6	0,2667	181,8	0,015	21,80	0,6	5,05	26,85	138,00	73,048	0,073
A2-A3	40,6	0,29	0,855	51,4	51	0,4	0,0099	97,5	0,015	77,29	0,6	2,71	79,99	86,54	59,621	0,060
A3-A4	48	0,29	1,153	51	50,8	0,2	0,0042	77,3	0,015	111,63	0,6	2,15	113,78	73,91	68,700	0,069
A6-A5	48,8	0,29	0,499	55	53,2	1,8	0,0369	64,8	0,015	54,81	0,6	1,80	56,61	100,72	40,557	0,041
A1-A7	22,5	0,29	0,081	59	58,5	0,5	0,0222	37	0,015	43,99	0,6	1,03	45,02	111,16	7,238	0,007
A7-A6	29,28	0,29	0,121	58,5	55	3,5	0,1195	64	0,015	28,80	0,6	1,78	30,58	130,81	12,777	0,013
B1-B8	58,57	0,29	0,421	50,5	50,3	0,2	0,0034	113	0,015	131,68	0,6	3,14	134,82	68,44	23,225	0,023
B1-B2	45,5	0,29	0,149	50,5	50,3	0,2	0,0044	33,3	0,015	106,79	0,6	0,93	107,71	75,76	9,103	0,009
B2-B3	40,33	0,29	0,149	50,3	50,2	0,1	0,0025	29,4	0,015	121,44	0,6	0,82	122,26	71,55	8,597	0,009
B3-B4	29,6	0,29	0,075	50,2	50,1	0,1	0,0034	78,9	0,015	93,95	0,6	2,19	96,14	79,73	4,790	0,005
B7-B6	43,01	0,29	0,908	50,2	50	0,2	0,0047	45	0,015	101,91	0,6	1,25	103,16	77,25	56,522	0,057
B4-B5	63,35	0,29	0,684	50,1	50	0,1	0,0016	80	0,015	176,67	0,6	2,22	178,89	60,12	33,142	0,033
B8-B7	49,1	0,29	0,700	50,3	50,2	0,1	0,0020	115,6	0,015	142,99	0,6	3,21	146,20	65,96	37,231	0,037

LAMPIRAN N

Perhitungan Dimensi Saluran Drainase

Saluran	n	Ld (m)	elevasi tanah			Sd	Sd rencana	Q	h air	b	A	P	R	Vcek	C	freeboard	Htotal	Q sal max
			awal	akhir													(m)	
C6-C5	0,015	33,43	53,5	53	0,5	0,0150	0,0150	0,058	0,14	0,29	0,041	0,57	0,07	0,84	0,14	0,14	0,29	0,03
C5-C4	0,015	28,527	53	52	1	0,0351	0,0351	0,609	0,30	0,59	0,175	1,18	0,15	2,09	0,14	0,20	0,50	0,37
B5-C3	0,015	13,5	50	49,8	0,2	0,0148	0,0148	0,384	0,29	0,58	0,171	1,17	0,15	1,35	0,14	0,20	0,49	0,23
C3-C2	0,015	62,9	49,6	49,4	0,2	0,0032	0,0032	1,553	0,66	1,32	0,867	2,63	0,33	1,08	0,14	0,30	0,96	0,93
C2-C1	0,015	24,3	49,4	49,2	0,2	0,0082	0,0082	0,993	0,47	0,93	0,434	1,86	0,23	1,37	0,14	0,26	0,72	0,60
A4-C7	0,015	16,1	52,5	52	0,5	0,0311	0,0311	0,725	0,32	0,65	0,208	1,29	0,16	2,09	0,14	0,21	0,54	0,44
A1-A2	0,015	181,8	59	51,4	7,6	0,0418	0,0418	0,073	0,13	0,26	0,033	0,52	0,06	1,32	0,14	0,13	0,26	0,04
A2-A3	0,015	97,5	51,4	51	0,4	0,0041	0,0041	0,060	0,18	0,37	0,068	0,74	0,09	0,52	0,14	0,16	0,35	0,04
A3-A4	0,015	77,3	51	50,8	0,2	0,0026	0,0026	0,069	0,21	0,43	0,090	0,85	0,11	0,46	0,14	0,17	0,39	0,04
A6-A5	0,015	64,8	55	53,2	1,8	0,0278	0,0278	0,041	0,11	0,22	0,025	0,45	0,06	0,97	0,14	0,13	0,24	0,02
A1-A7	0,015	37	59	58,5	0,5	0,0135	0,0135	0,007	0,07	0,13	0,009	0,27	0,03	0,48	0,14	0,10	0,16	0,00
A7-A6	0,015	64	58,5	55	3,5	0,0547	0,0547	0,013	0,06	0,13	0,008	0,26	0,03	0,94	0,14	0,09	0,16	0,01
B1-B8	0,015	113	50,5	50,3	0,2	0,0018	0,0018	0,023	0,15	0,30	0,046	0,61	0,08	0,30	0,14	0,15	0,30	0,01
B1-B2	0,015	33,3	50,5	50,3	0,2	0,0060	0,0060	0,009	0,09	0,17	0,014	0,34	0,04	0,38	0,14	0,11	0,19	0,01
B2-B3	0,015	29,4	50,3	50,2	0,1	0,0034	0,0034	0,009	0,09	0,19	0,017	0,37	0,05	0,30	0,14	0,11	0,21	0,01
B3-B4	0,015	78,9	50,2	50,1	0,1	0,0013	0,0013	0,005	0,09	0,18	0,016	0,36	0,04	0,18	0,14	0,11	0,20	0,00
B7-B6	0,015	45	50,2	50	0,2	0,0044	0,0044	0,057	0,18	0,36	0,064	0,71	0,09	0,53	0,14	0,16	0,34	0,03
B4-B5	0,015	80	50,1	50	0,1	0,0013	0,0013	0,033	0,19	0,37	0,069	0,74	0,09	0,29	0,14	0,16	0,35	0,02
B8-B7	0,015	115,6	50,3	50,2	0,1	0,0009	0,0009	0,037	0,21	0,42	0,086	0,83	0,10	0,26	0,14	0,17	0,38	0,02

LAMPIRAN O
Perhitungan Produksi Lindi Zona 1

Akhir Tahun ke	Sampah Masuk ke TPA	Sampah Terkompaksi	Kebutuhan Tanah Penutup	Total Timbunan	Akumulasi Berat Kering Sampah	Kandungan Air Sampah	Produksi Gas		Berat Air Terkonsumsi Pembentukan Gas	Berat Uap Air dalam Gas
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	m ³	ton	ton	ton
1	30255	30648	17367	48015	20.502	27.513	0	0	0	0
2	29560	29943	16968	46911	40.532	26.881	6387	8,65	4,95	0,00000447
3	28845	29219	16558	45777	60.078	26.231	15082	20,42	11,68	0,00001056
4	28111	28476	16136	44612	79.127	25.564	19121	25,89	14,81	0,00001338
5	27359	27714	15704	43418	97.666	24879	22016	29,81	17,05	0,00001541
6	0	0	0	0	97.666	24879	21092	28,56	16,33	0,00001476
7	0	0	0	0	97.666	24879	17284	23,40	13,38	0,00001210
8	0	0	0	0	97.666	24879	14197	19,22	10,99	0,00000994
9	0	0	0	0	97.666	24879	11815	16,00	9,15	0,00000827
10	0	0	0	0	97.666	24879	10119	13,70	7,83	0,00000708
11	0	0	0	0	97.666	24879	8760	11,86	6,78	0,00000613
12	0	0	0	0	97.666	24879	7402	10,02	5,73	0,00000518
13	0	0	0	0	97.666	24879	6044	8,18	4,68	0,00000423
14	0	0	0	0	97.666	24879	4686	6,34	3,63	0,00000328
15	0	0	0	0	97.666	24879	3327	4,51	2,58	0,00000233

Akhir Tahun ke	Sampah Masuk ke TPA	Sampah Terkompaksi	Kebutuhan Tanah Penutup	Total Timbunan	Akumulasi Berat Kering Sampah	Kandungan Air Sampah	Produksi Gas		Berat Air Terkonsumsi Pembentukan Gas	Berat Uap Air dalam Gas
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	m ³	ton	ton	ton
16	0	0	0	0	97.666	24879	2112	2,86	1,64	0,00000148
17	0	0	0	0	97.666	24879	1178	1,59	0,91	0,00000082
18	0	0	0	0	97.666	24879	519	0,70	0,40	0,00000036
19	0	0	0	0	97.666	24879	129	0,17	0,10	0,00000009
20	0	0	0	0	97.666	24879	0	0	0	0

Lanjutan Perhitungan Produksi Lindi Zona 1

Akhir Tahun ke	Berat Curah Hujan per Tahun	Berat Kandungan Air dalam Sampah	Berat Kering Sisa Sampah	Berat Rata-Rata	FC	Berat Air Menggantung	Produksi Lindi	
	ton	ton	ton	ton		ton	ton	m ³ /detik
1	11.488	39.001	20.502	47.119	0,050	1027	37974,4	0,00120
2	11.488	39.391	40.523	56.930	0,050	2031	37360,5	0,00118
3	11.488	39.739	60.058	66.466	0,050	3009	36729,7	0,00116
4	11.488	40.047	79.101	75.723	0,050	3962	36084,6	0,00114
5	11.488	40.312	97.636	84.693	0,050	4890	35422,4	0,00112

Akhir Tahun ke	Berat Curah Hujan per Tahun	Berat Kandungan Air dalam Sampah	Berat Kering Sisa Sampah	Berat Rata-Rata	FC	Berat Air Menggantung	Produksi Lindi	
	ton	ton	ton	ton		ton	ton	m ³ /detik
6	11.488	16.362	97.637	57.014	0,050	4893	11469,1	0,00036
7	11.488	16.368	97.643	57.017	0,050	4893	11475,0	0,00036
8	11.488	16.370	97.647	57.018	0,050	4893	11477,4	0,00036
9	11.488	16.372	97.650	57.019	0,050	4893	11479,3	0,00036
10	11.488	16.374	97.652	57.020	0,050	4893	11480,6	0,00036
11	11.488	16.375	97.654	57.020	0,050	4893	11481,6	0,00036
12	11.488	16.376	97.656	57.021	0,050	4893	11482,7	0,00036
13	11.488	16.377	97.658	57.021	0,050	4893	11483,7	0,00036
14	11.488	16.378	97.660	57.022	0,050	4893	11484,8	0,00036
15	11.488	16.379	97.661	57.022	0,050	4893	11485,8	0,00036
16	11.488	16.380	97.663	57.023	0,050	4893	11486,8	0,00036
17	11.488	16.380	97.664	57.023	0,050	4893	11487,5	0,00036
18	11.488	16.381	97.665	57.023	0,050	4893	11488,0	0,00036
19	11.488	16.381	97.666	57.024	0,050	4893	11488,3	0,00036
20	11.488	16.381	97.666	57.024	0,050	4893	11488,4	0,00036

Perhitungan Lindi Zona 2

Akhir Tahun ke	Sampah Masuk ke TPA	Sampah Terkompaksi	Kebutuhan Tanah Penutup	Total Timbunan	Akumulasi Berat Kering Sampah	Kandungan Air Sampah	Produksi Gas		Berat Air Terkonsumsi Pembentukan Gas	Berat Uap Air dalam Gas
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	m ³	ton	ton	ton
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	27.359	27.359	15.261	42.193	18.016	24.177	0	0	0	0
7	53.946	53.946	14.880	41.138	35.581	23.572	5607	8	4	0,0000039
8	79.868	79.868	14.620	40.420	52.839	23.161	13256	18	10	0,0000093
9	105.337	105.337	14.135	39.079	69.525	22.393	16810	23	13	0,0000118
10	129.961	129.961	13.639	37.707	85.626	21.607	19311	26	15	0,0000135
11	153.721	153.721	13.132	36.305	101.128	20.803	21113	29	16	0,0000148
12	0	0	0	0	101.128	20.803	20025	27	16	0,0000140
13	0	0	0	0	101.128	20.803	16542	22	13	0,0000116
14	0	0	0	0	101.128	20.803	13678	19	11	0,0000096
15	0	0	0	0	101.128	20.803	11412	15	9	0,0000080
16	0	0	0	0	101.128	20.803	9723	13	8	0,0000068
17	0	0	0	0	101.128	20.803	8316	11	6	0,0000058

Akhir Tahun ke	Sampah Masuk ke TPA	Sampah Terkompaksi	Kebutuhan Tanah Penutup	Total Timbunan	Akumulasi Berat Kering Sampah	Kandungan Air Sampah	Produksi Gas		Berat Air Terkonsumsi Pembentukan Gas	Berat Uap Air dalam Gas
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	m ³	ton	ton	ton
18	0	0	0	0	101.128	20.803	6910	9	5	0,0000048
19	0	0	0	0	101.128	20.803	5504	7	4	0,0000039
20	0	0	0	0	101.128	20.803	4097	6	3	0,0000029
21	0	0	0	0	101.128	20.803	2816	4	2	0,0000020
22	0	0	0	0	101.128	20.803	1782	2	1	0,0000012
23	0	0	0	0	101.128	20.803	991	1	1	0,0000007
24	0	0	0	0	101.128	20.803	435	1	0	0,0000003
25	0	0	0	0	101.128	20.803	108	0	0	0,0000001
26	0	0	0	0	101.128	20.803	0	0	0	0

Lanjutan Perhitungan Produksi Lindi Zona 2

Akhir Tahun ke	Berat Curah Hujan per Tahun	Berat Kandungan Air dalam Sampah	Berat Kering Sisa Sampah	Berat Rata-Rata	FC	Berat Air Menggantung	Produksi Lindi	
	ton	ton	ton	ton		ton	ton	m ³ /detik
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	11.488	35.666	18.016	42.102	0,050	903	34.763	0,0011
7	11.488	35.960	35.573	50.650	0,050	1783	34.177	0,0011
8	11.488	36.422	52.821	59.251	0,050	2647	33.775	0,0011
9	11.488	36.515	69.502	67.155	0,050	3482	33.033	0,0010
10	11.488	36.562	85.600	74.733	0,050	4288	32.274	0,0010
11	11.488	36.564	101.099	81.977	0,050	5063	31.501	0,0010
12	11.488	16.535	101.101	58.831	0,050	5066	11.469	0,0004
13	11.488	16.541	101.106	58.834	0,050	5066	11.475	0,0004
14	11.488	16.543	101.109	58.835	0,050	5066	11.477	0,0004
15	11.488	16.545	101.113	58.836	0,050	5066	11.479	0,0004
16	11.488	16.546	101.115	58.837	0,050	5066	11.480	0,0004
17	11.488	16.548	101.117	58.838	0,050	5066	11.482	0,0004

Akhir Tahun ke	Berat Curah Hujan per Tahun	Berat Kandungan Air dalam Sampah	Berat Kering Sisa Sampah	Berat Rata-Rata	FC	Berat Air Menggantung	Produksi Lindi	
	ton	ton	ton	ton		ton	ton	m ³ /detik
18	11.488	16.549	101.119	58.838	0,050	5066	11.483	0,0004
19	11.488	16.550	101.121	58.839	0,050	5066	11.484	0,0004
20	11.488	16.551	101.122	58.839	0,050	5066	11.485	0,0004
21	11.488	16.552	101.124	58.840	0,050	5066	11.486	0,0004
22	11.488	16.553	101.126	58.840	0,050	5066	11.487	0,0004
23	11.488	16.553	101.127	58.840	0,050	5066	11.487	0,0004
24	11.488	16.554	101.127	58.841	0,050	5066	11.488	0,0004
25	11.488	16.554	101.128	58.841	0,050	5066	11.488	0,0004
26	11.488	16.554	101.128	58.841	0,050	5066	11.488	0,0004

LAMPIRAN P
Kandungan Kimia pada Tiap Komposisi

Komposisi	C	H	O	N	S	Abu
Sampah makanan	48,0%	6,4%	37,6%	2,6%	0,4%	5,0%
Daun-daun	47,8%	6,0%	42,7%	0,2%	0,3%	4,5%
Kertas	43,5%	6,0%	44,0%	0,3%	0,2%	6,0%
Tekstil	55,0%	6,6%	31,2%	4,6%	0,2%	2,5%
Karet	78,0%	10,0%	0,0%	2,0%	0,0%	10,0%
Plastik	60,0%	7,2%	22,8%	0,0%	0,0%	10,0%
Kayu	60,0%	8,0%	11,6%	10,0%	0,4%	10,0%
Kaca	49,5%	6,0%	42,7%	0,2%	0,1%	1,5%
Logam	0,5%	0,1%	0,4%	0,1%	0,0%	98,9%
Lain-Lain	4,5%	0,6%	4,3%	0,1%	0,0%	90,5%

LAMPIRAN Q**Kebutuhan Geomembrane pada Zona 1**

Nama Panel	Lebar (m)	Overlap (m)	Total Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m ²)
A1	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A2	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A3	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A4	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A5	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A6	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A7	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A8	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A9	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A10	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A11	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A12	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A13	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A14	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A15	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A16	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A17	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A18	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A19	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A20	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A21	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A22	6,8	0,2	7	95,3	667,1
A23	6,8	0,2	7	87,7	613,9
A24	6,8	0,2	7	73,3	513,1
A25	6,8	0,2	7	58	406
A26	6,8	0,2	7	43,7	305,9
Total (m ²)					16515
Luas 1 Roll Liner (m ²)					980
Jumlah Roll yang dibutuhkan Zona 1 (unit)					17

Kebutuhan *Geomembrane* pada Zona 2

Nama Panel	Lebar (m)	Overlap (m)	Total Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m ²)
B1	6,8	0,2	7	131	917
B2	6,8	0,2	7	131	917
B3	6,8	0,2	7	131	917
B4	6,8	0,2	7	131	917
B5	6,8	0,2	7	131	917
B6	6,8	0,2	7	131	917
B7	6,8	0,2	7	131	917
B8	6,8	0,2	7	131	917
B9	6,8	0,2	7	131	917
B10	6,8	0,2	7	131	917
B11	6,8	0,2	7	131	917
B12	6,8	0,2	7	126	882
B13	6,8	0,2	7	128	896
B14	6,8	0,2	7	130	910
B15	6,8	0,2	7	130	910
B16	6,8	0,2	7	130	910
B17	6,8	0,2	7	117	819
B18	6,8	0,2	7	70	490
Total (m ²)					15904
Luas 1 Roll Liner (m ²)					980
Jumlah Roll yang dibutuhkan Zona 1 (unit)					17

LAMPIRAN R

Hasil *Running* LandGEM Zona 1

Input Review

LANDFILL CHARACTERISTICS

Landfill Open Year	2018	
Landfill Closure Year (with 80-year limit)	2019	
<i>Actual Closure Year (without limit)</i>	2019	
Have Model Calculate Closure Year?	No	
Waste Design Capacity		<i>megagrams</i>

MODEL PARAMETERS

Methane Generation Rate, k	0,120	<i>year⁻¹</i>
Potential Methane Generation Capacity, L ₀	100	<i>m³/Mg</i>
NMOC Concentration	4.000	<i>ppmv as hexane</i>
Methane Content	50	<i>% by volume</i>

GASES / POLLUTANTS SELECTED

Gas / Pollutant #1:	Total landfill gas
Gas / Pollutant #2:	Methane
Gas / Pollutant #3:	Carbon dioxide
Gas / Pollutant #4:	

Year	Total Landfill Gas		Methane	
	<i>(Mg/year)</i>	<i>(m³/year)</i>	<i>(Mg/year)</i>	<i>(m³/year)</i>
2018	0	0	0	0
2019	7,837E+02	6,276E+05	2,093E+02	3,138E+05
2020	1,461E+03	1,170E+06	3,902E+02	5,849E+05
2021	2,061E+03	1,651E+06	5,506E+02	8,253E+05
2022	1,828E+03	1,464E+06	4,883E+02	7,320E+05
2023	1,621E+03	1,298E+06	4,331E+02	6,492E+05
2024	1,438E+03	1,152E+06	3,841E+02	5,758E+05

Year	Total Landfill Gas		Methane	
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(Mg/year)	(m ³ /year)
2025	1,276E+03	1,021E+06	3,407E+02	5,107E+05
2026	1,131E+03	9,059E+05	3,022E+02	4,529E+05
2027	1,003E+03	8,034E+05	2,680E+02	4,017E+05
2028	8,899E+02	7,126E+05	2,377E+02	3,563E+05
2029	7,893E+02	6,320E+05	2,108E+02	3,160E+05
2030	7,000E+02	5,605E+05	1,870E+02	2,803E+05
2031	6,209E+02	4,972E+05	1,658E+02	2,486E+05
2032	5,507E+02	4,409E+05	1,471E+02	2,205E+05
2033	4,884E+02	3,911E+05	1,305E+02	1,955E+05
2034	4,332E+02	3,469E+05	1,157E+02	1,734E+05
2035	3,842E+02	3,076E+05	1,026E+02	1,538E+05
2036	3,407E+02	2,728E+05	9,101E+01	1,364E+05
2037	3,022E+02	2,420E+05	8,072E+01	1,210E+05
2038	2,680E+02	2,146E+05	7,159E+01	1,073E+05
2039	2,377E+02	1,904E+05	6,350E+01	9,518E+04
2040	2,108E+02	1,688E+05	5,632E+01	8,442E+04
2041	1,870E+02	1,497E+05	4,995E+01	7,487E+04
2042	1,659E+02	1,328E+05	4,430E+01	6,640E+04
2043	1,471E+02	1,178E+05	3,929E+01	5,889E+04

Hasil *Running* LandGEM Zona 2

Input Review

LANDFILL CHARACTERISTICS

Landfill Open Year	2020	
Landfill Closure Year (with 80-year limit)	2021	
<i>Actual Closure Year (without limit)</i>	2021	
Have Model Calculate Closure Year?	No	
Waste Design Capacity		<i>megagrams</i>

MODEL PARAMETERS

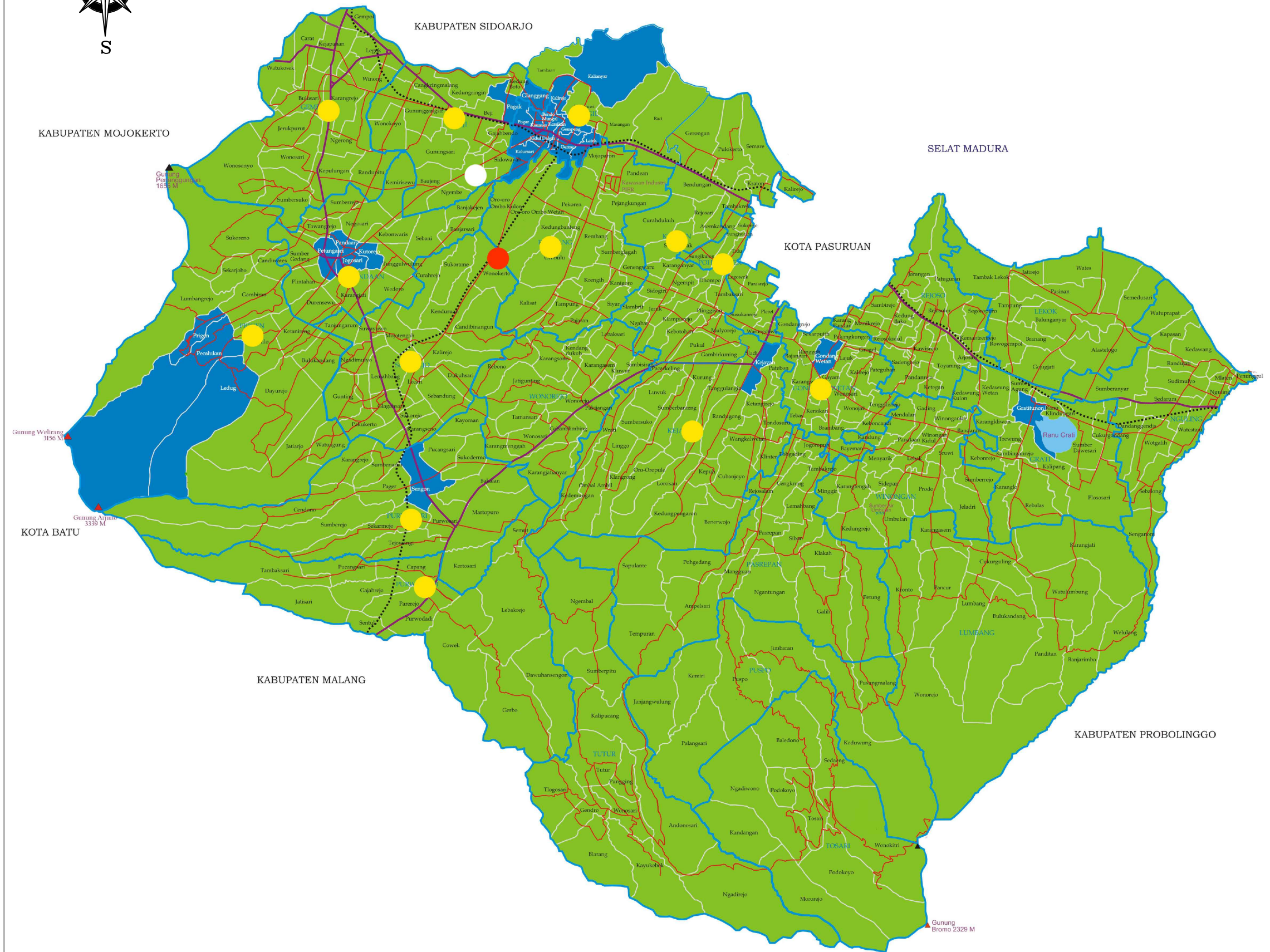
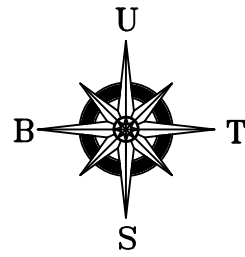
Methane Generation Rate, k	0,120	<i>year¹</i>
Potential Methane Generation Capacity, L ₀	100	<i>m³/Mg</i>
NMOC Concentration	4.000	<i>ppmv as hexane</i>
Methane Content	50	<i>% by volume</i>

GASES / POLLUTANTS SELECTED

Gas / Pollutant #1:	Total landfill gas
Gas / Pollutant #2:	Methane
Gas / Pollutant #3:	Carbon dioxide
Gas / Pollutant #4:	

Year	Total Landfill Gases		Methane	
	<i>(Mg/year)</i>	<i>(m³/year)</i>	<i>(Mg/year)</i>	<i>(m³/year)</i>
2020	0	0	0	0
2021	7,472E+02	5,983E+05	1,996E+02	2,992E+05
2022	1,391E+03	1,114E+06	3,715E+02	5,569E+05
2023	1,234E+03	9,878E+05	3,295E+02	4,939E+05
2024	1,094E+03	8,761E+05	2,922E+02	4,381E+05
2025	9,704E+02	7,770E+05	2,592E+02	3,885E+05
2026	8,607E+02	6,892E+05	2,299E+02	3,446E+05
2027	7,633E+02	6,112E+05	2,039E+02	3,056E+05

Year	Total Landfill Gases		Methane	
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(Mg/year)	(m ³ /year)
2028	6,770E+02	5,421E+05	1,808E+02	2,711E+05
2029	6,005E+02	4,808E+05	1,604E+02	2,404E+05
2030	5,326E+02	4,264E+05	1,423E+02	2,132E+05
2031	4,723E+02	3,782E+05	1,262E+02	1,891E+05
2032	4,189E+02	3,355E+05	1,119E+02	1,677E+05
2033	3,716E+02	2,975E+05	9,925E+01	1,488E+05
2034	3,295E+02	2,639E+05	8,802E+01	1,319E+05
2035	2,923E+02	2,340E+05	7,807E+01	1,170E+05
2036	2,592E+02	2,076E+05	6,924E+01	1,038E+05
2037	2,299E+02	1,841E+05	6,141E+01	9,205E+04
2038	2,039E+02	1,633E+05	5,447E+01	8,164E+04
2039	1,809E+02	1,448E+05	4,831E+01	7,241E+04
2040	1,604E+02	1,284E+05	4,285E+01	6,422E+04
2041	1,423E+02	1,139E+05	3,800E+01	5,696E+04
2042	1,262E+02	1,010E+05	3,370E+01	5,052E+04
2043	1,119E+02	8,961E+04	2,989E+01	4,481E+04









Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

-  : Daerah Pelayanan Sampah
-  : TPA rencana
-  : TPA eksisting
-  : Pemerintahan Lurah
-  : Pemerintahan Desa
-  : Batas kecamatan

Judul Gambar

Peta Administrasi, Lokasi
TPA dan Daerah Pelayanan

Skala Gambar:
1 : 25.000



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

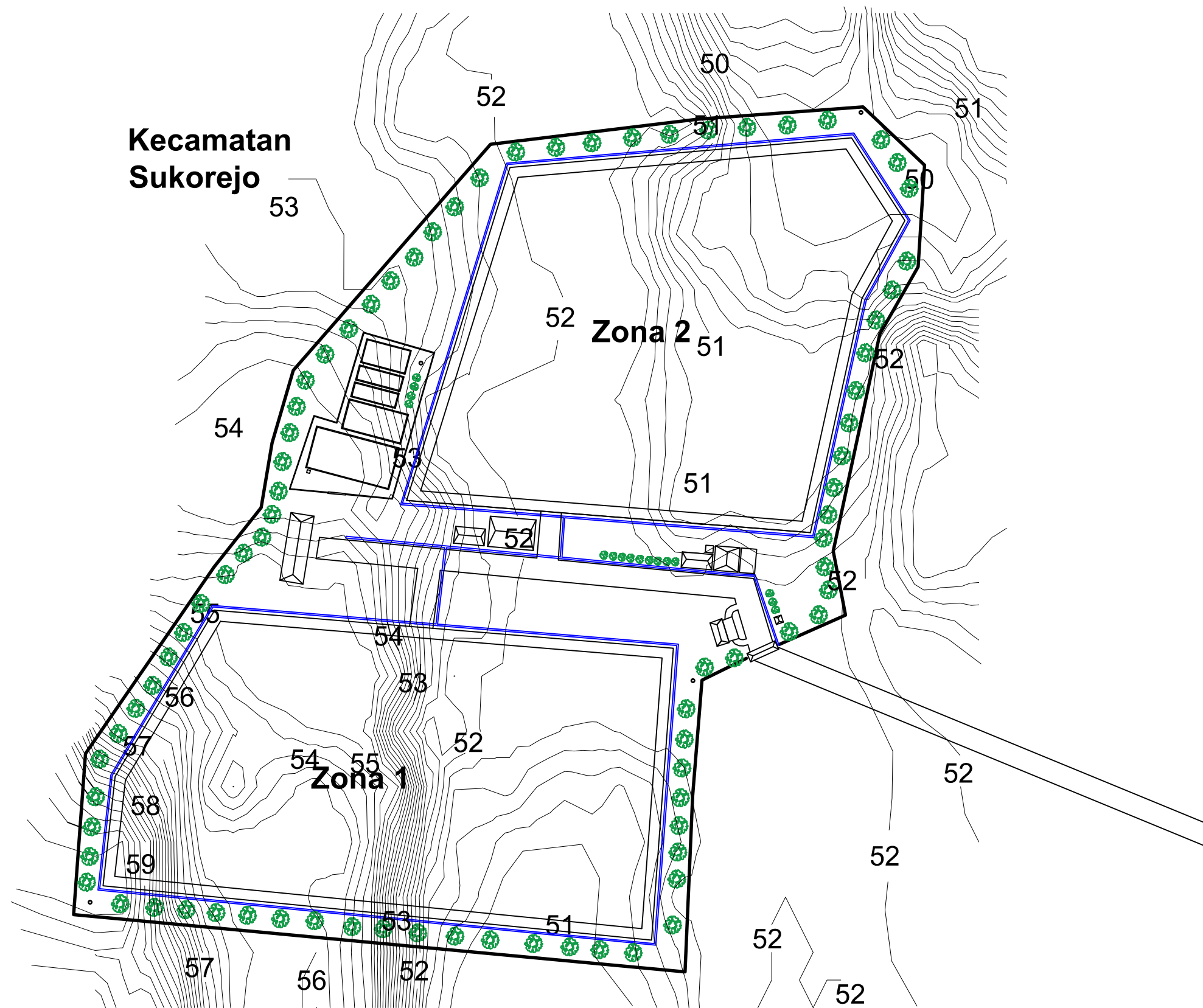
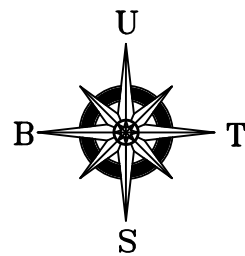
Keterangan :

- : Titik Koordinat
— : Batas TPA

Judul Gambar

Peta Lokasi Rencana TPA
Kabupaten Pasuruan

Skala Gambar:
1 : 4000






Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

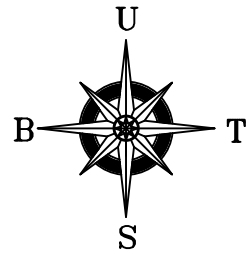
-  : Pohon, Rumput
-  : Batas TPA
-  : Saluran Drainase

Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

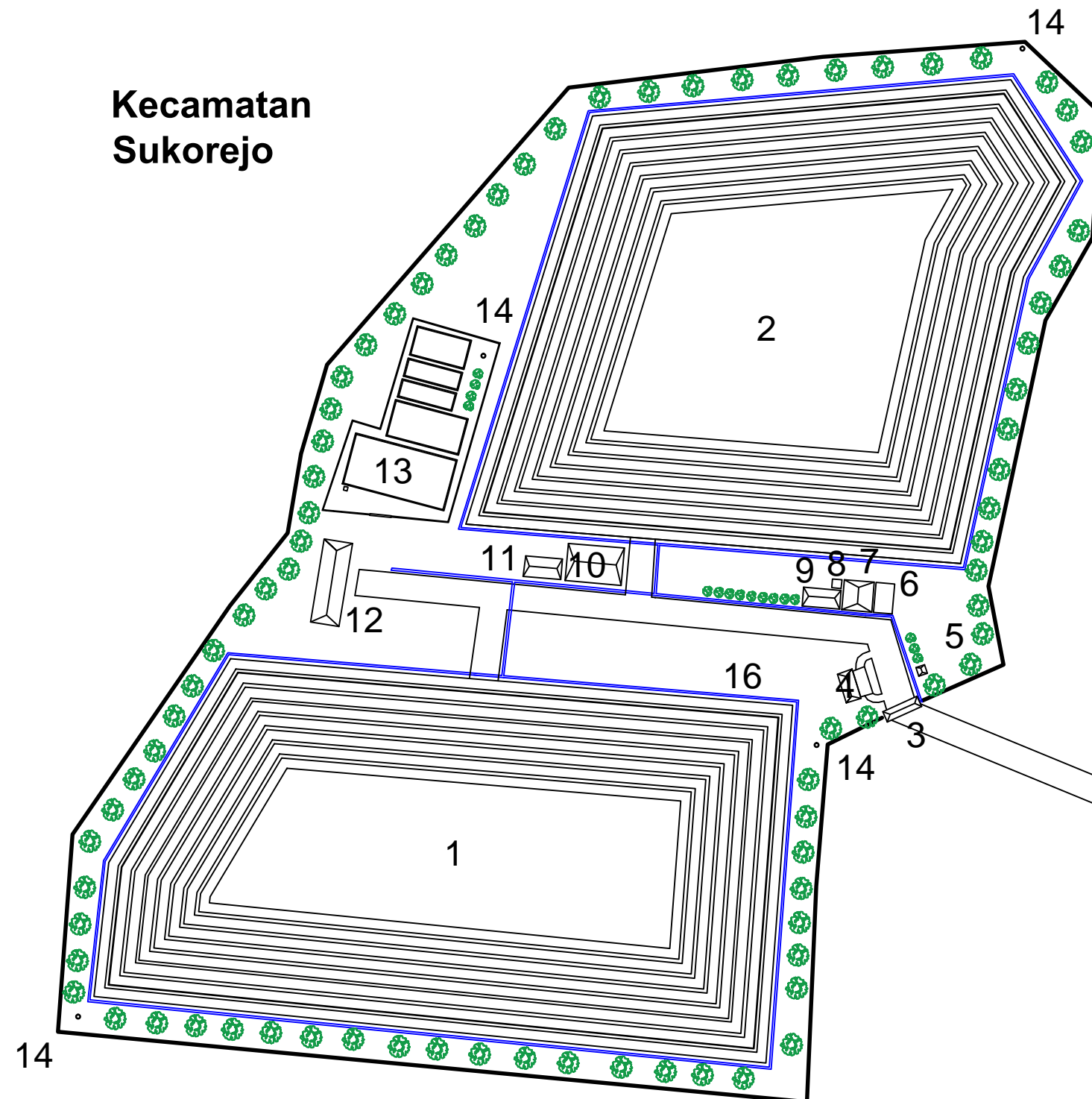
Judul Gambar

Peta Topografi Tempat Pemrosesan Akhir

Skala Gambar:
1 : 1500



Kecamatan Sukorejo



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

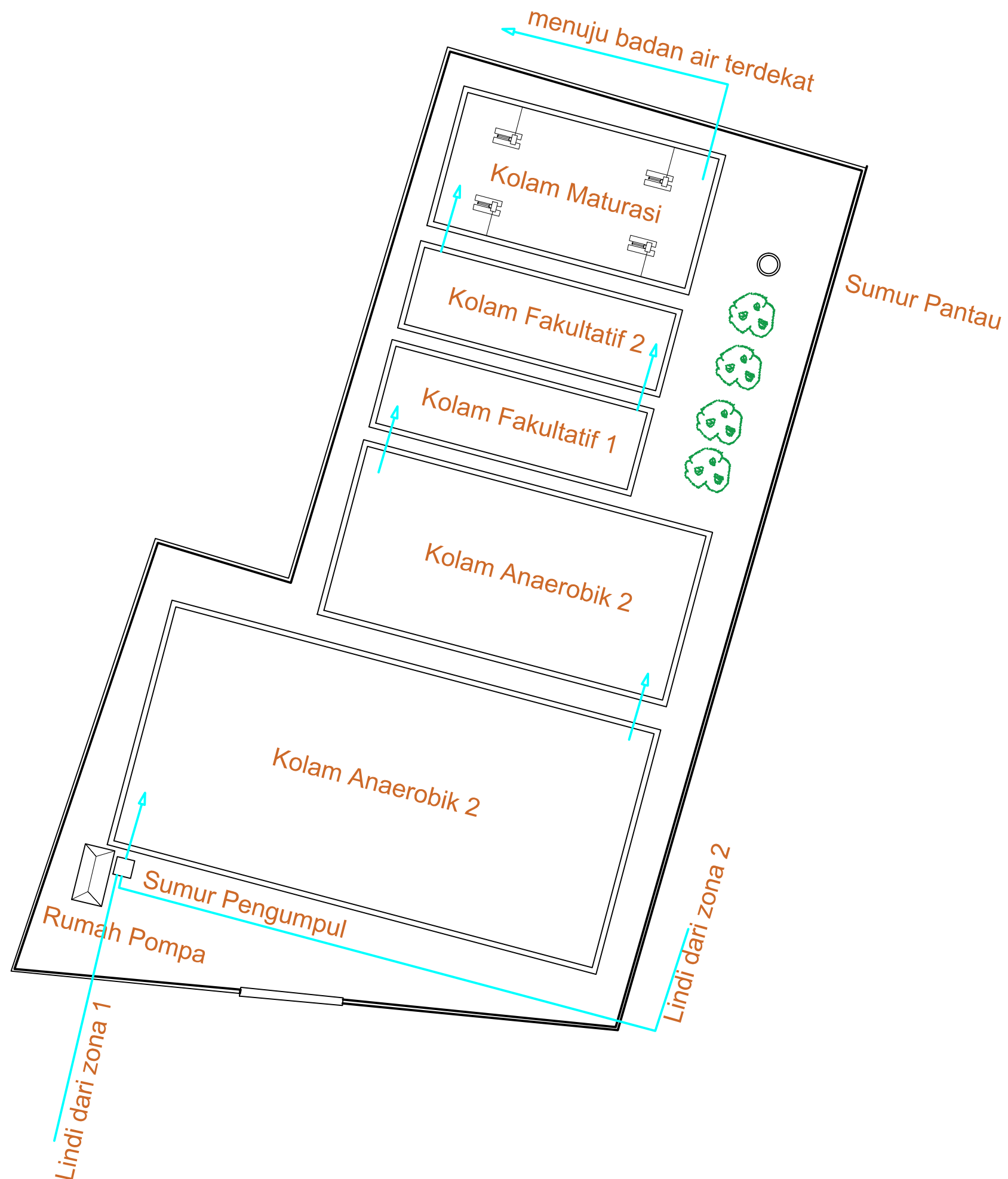
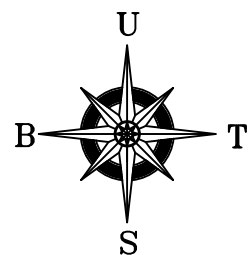
1. Lahan Penimbunan Zona 1
2. Lahan Penimbunan Zona 2
3. Gerbang
4. Pos Jaga
5. Jembatan Timbang
6. Tempat Parkir
7. Kantor
8. Toilet
9. Laboratorium
10. Garasi dan Bengkel Kendaraan Operasional
11. Tempat Cuci Kendaraan Operasional
12. Instalasi Pengolahan Gas
13. Instalasi Pengolahan Lindi
14. Sumur Pantau
15. Drainase

Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

Judul Gambar

Denah TPA Sukorejo dan
Fasilitas Penunjang

Skala Gambar:
1 : 1500



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

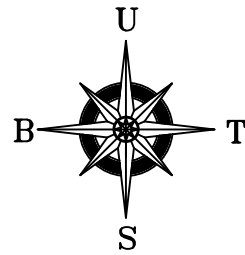
Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

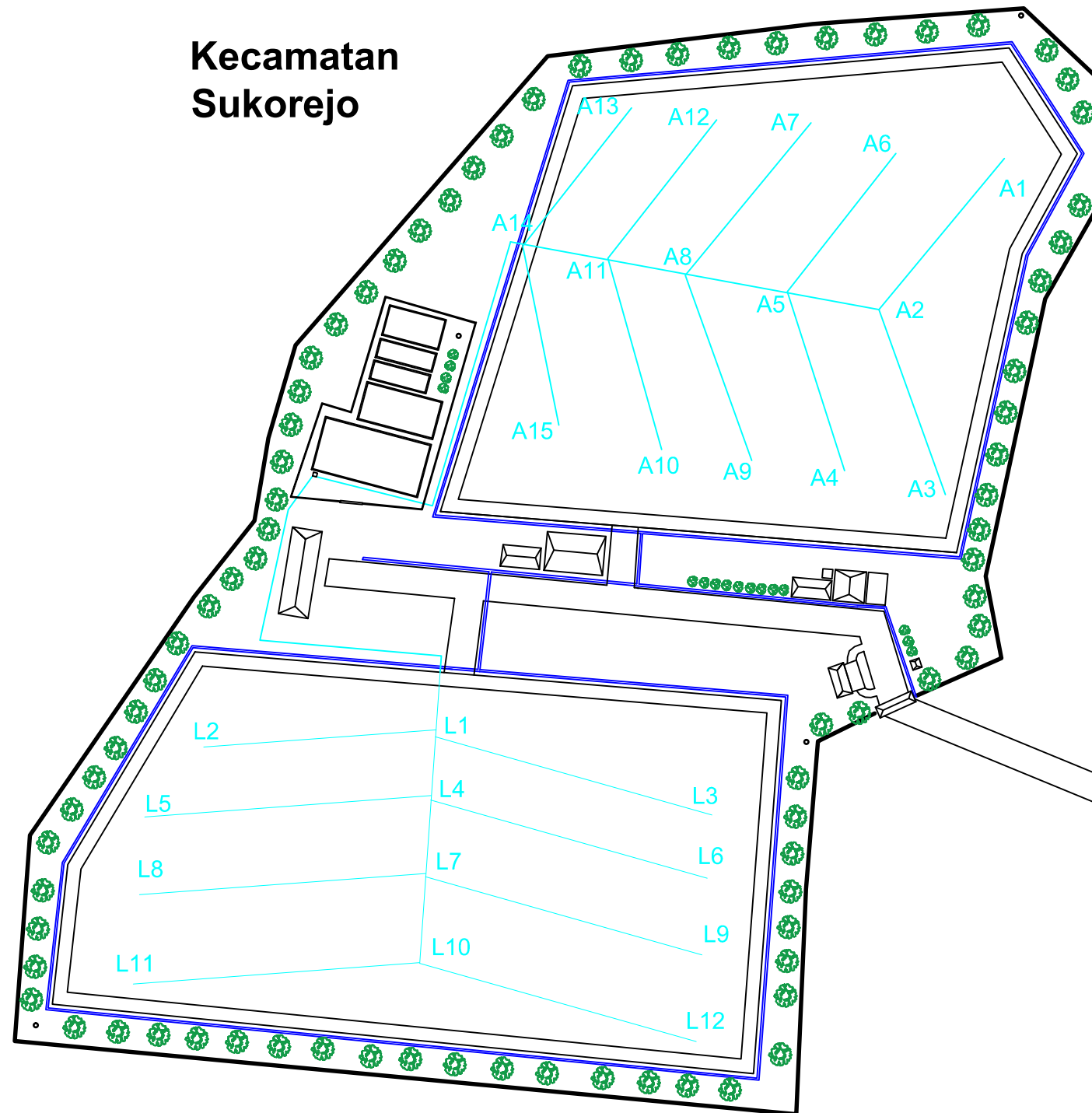
- : Arah aliran lindi
- 🌿 : Tanaman

Judul Gambar
Gambar Denah IPL

Skala Gambar:
1 : 250



Kecamatan Sukorejo



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :



: Pohon, Rumput



: Batas TPA



: Saluran Drainase



: Sistem Penyaluran Lindi

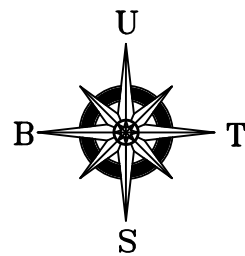
Laju Timbulan Sampah di Zona = 140 m³/hari
Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

Judul Gambar

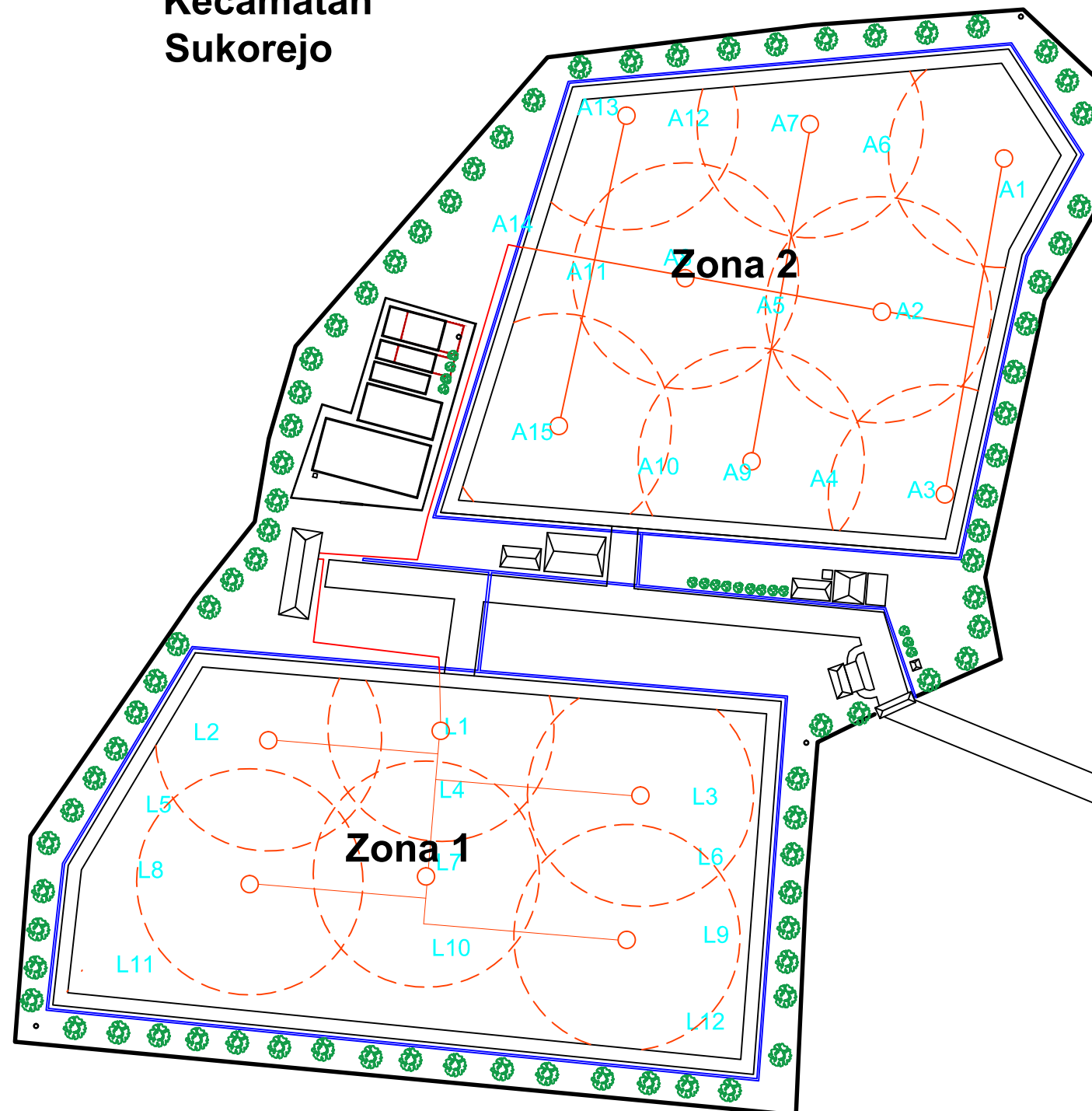
Denah Pipa Lindi TPA

Skala Gambar:

1 : 1500



Kecamatan Sukorejo







Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

-  : Pohon, Rumput
-  : Batas TPA
-  : Saluran Drainase
-  : Sistem Penyalur Gas

Laju Timbunan Sampah di Zona = 140 m³/hari
Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

Judul Gambar

Denah Pipa Gas TPA

Skala Gambar:
1 : 1500



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

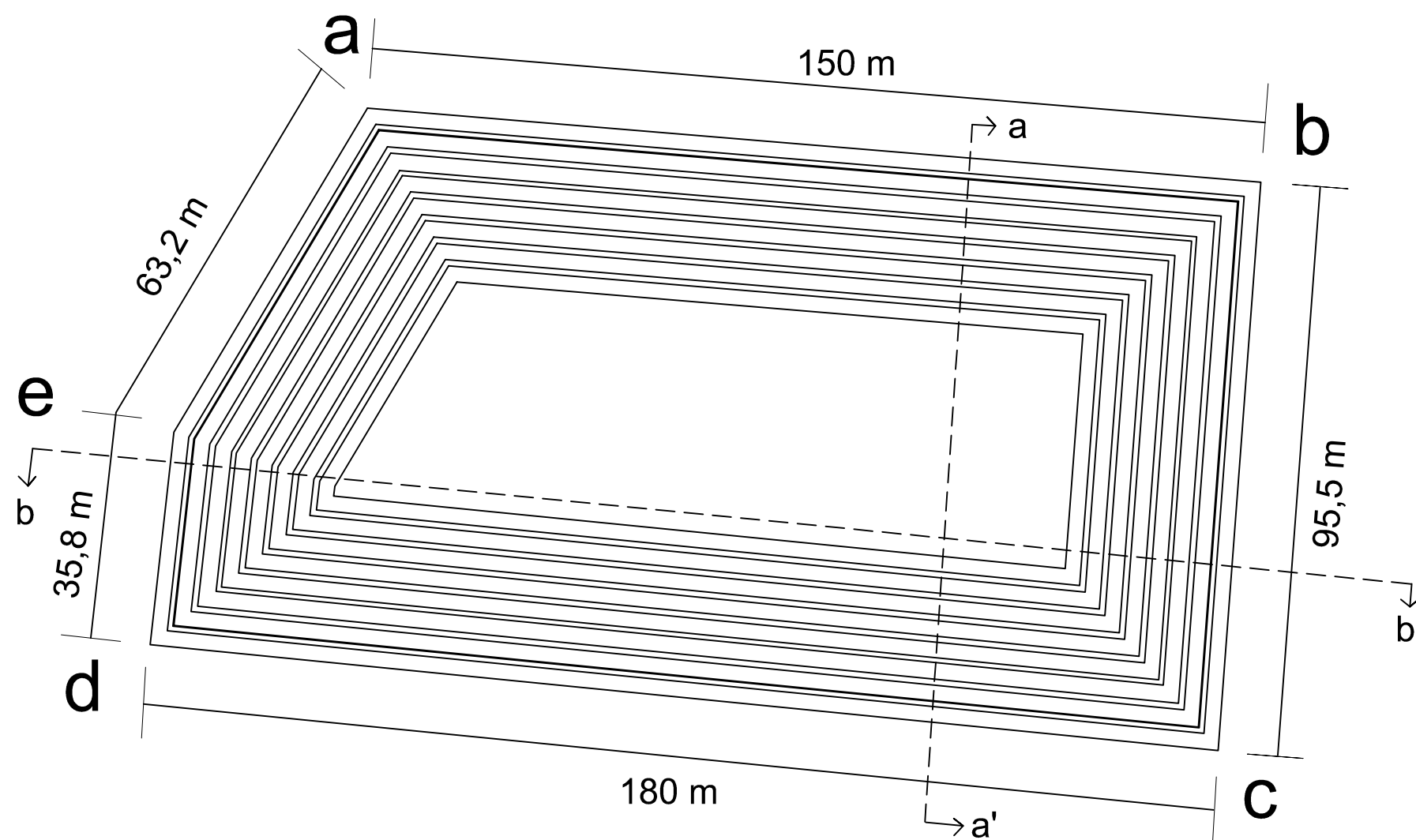
Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

Judul Gambar

Detail Lahan Timbunan Zona 1

Skala Gambar:
1 : 1000





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

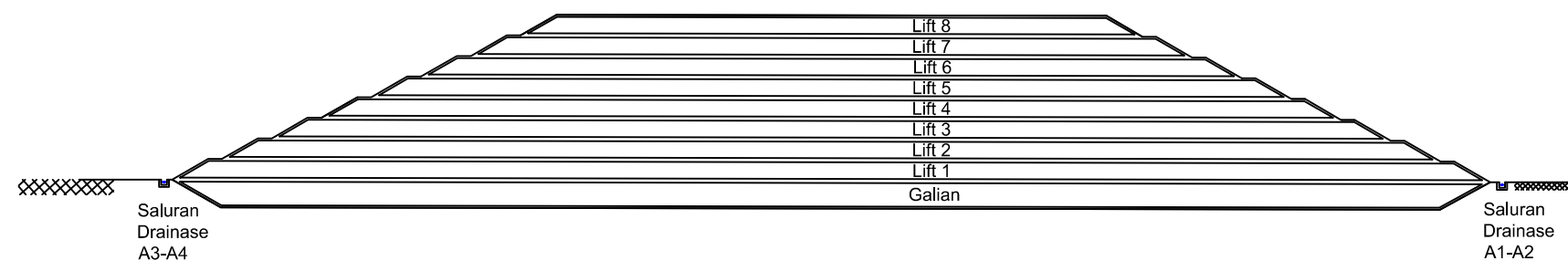
Keterangan :

Judul Gambar

Potongan a-a' dan b-b' Lahan
Penimbunan Zona 1

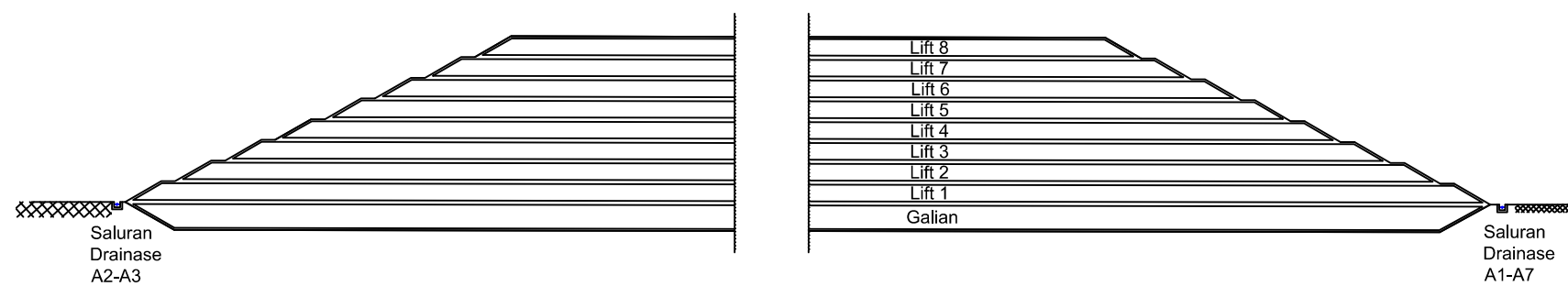
Skala Gambar:
1 : 500

Potongan a-a'



Elevasi (m)	51	52,5	54	55,5	57	58,5	60	61,5		61,5	60	58,5	57	55,5	54	52,5	51
Jarak (m)	2.6	1	2.6	1	2.6	1	2.6	1	2.6	39,8	2.6	1	2.6	1	2.6	1	2.6

Potongan b-b'



Elevasi (m)	51	52,5	54	55,5	57	58,5	60	61,5		61,5	60	58,5	57	55,5	54	52,5	51
Jarak (m)	2.6	1	2.6	1	2.6	1	2.6	1	2.6	124,14	2.6	1	2.6	1	2.6	1	2.6



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

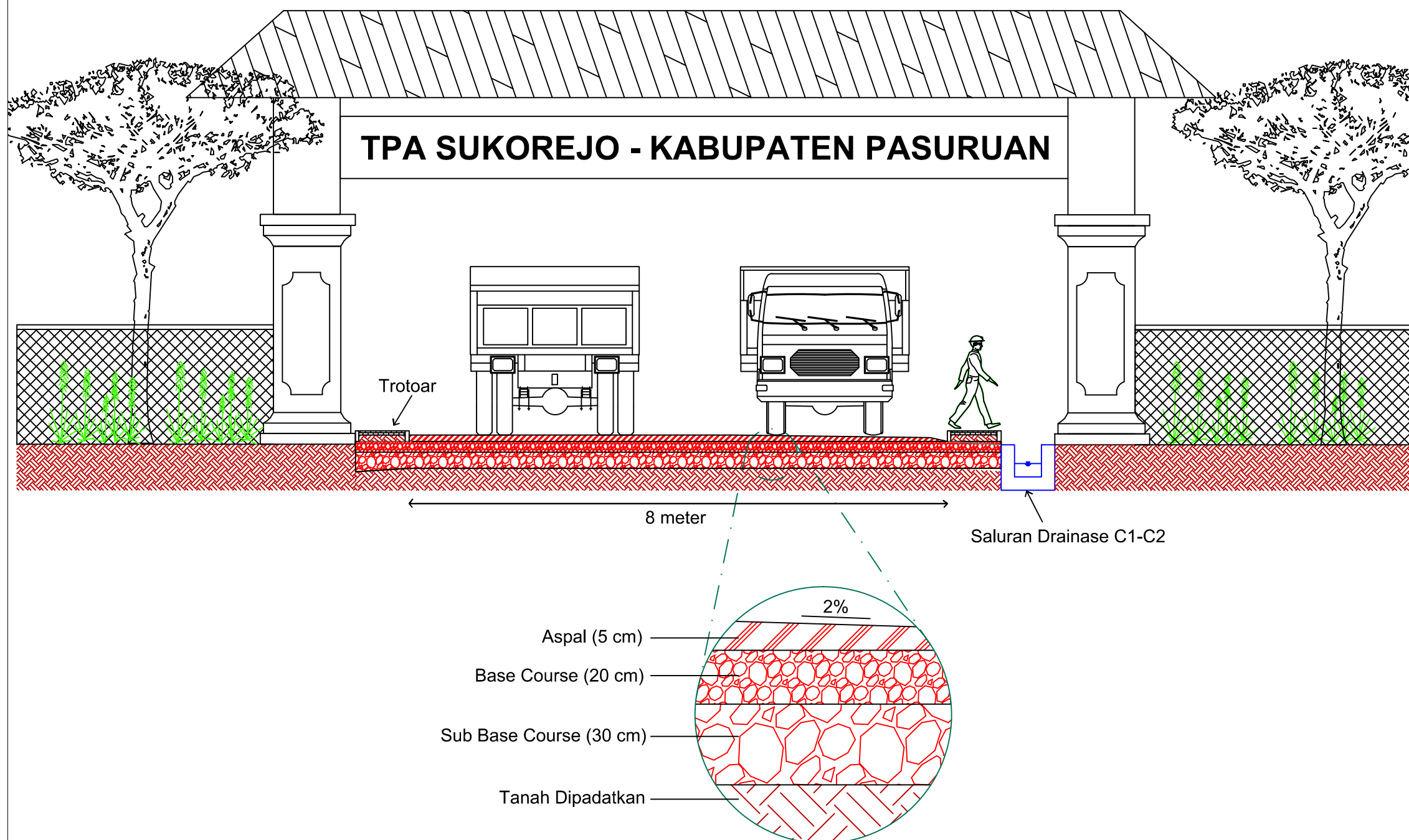
Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

Judul Gambar

Gerbang Masuk TPA dan
Potongan Jalan di TPA

Skala Gambar:
1 : 70





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

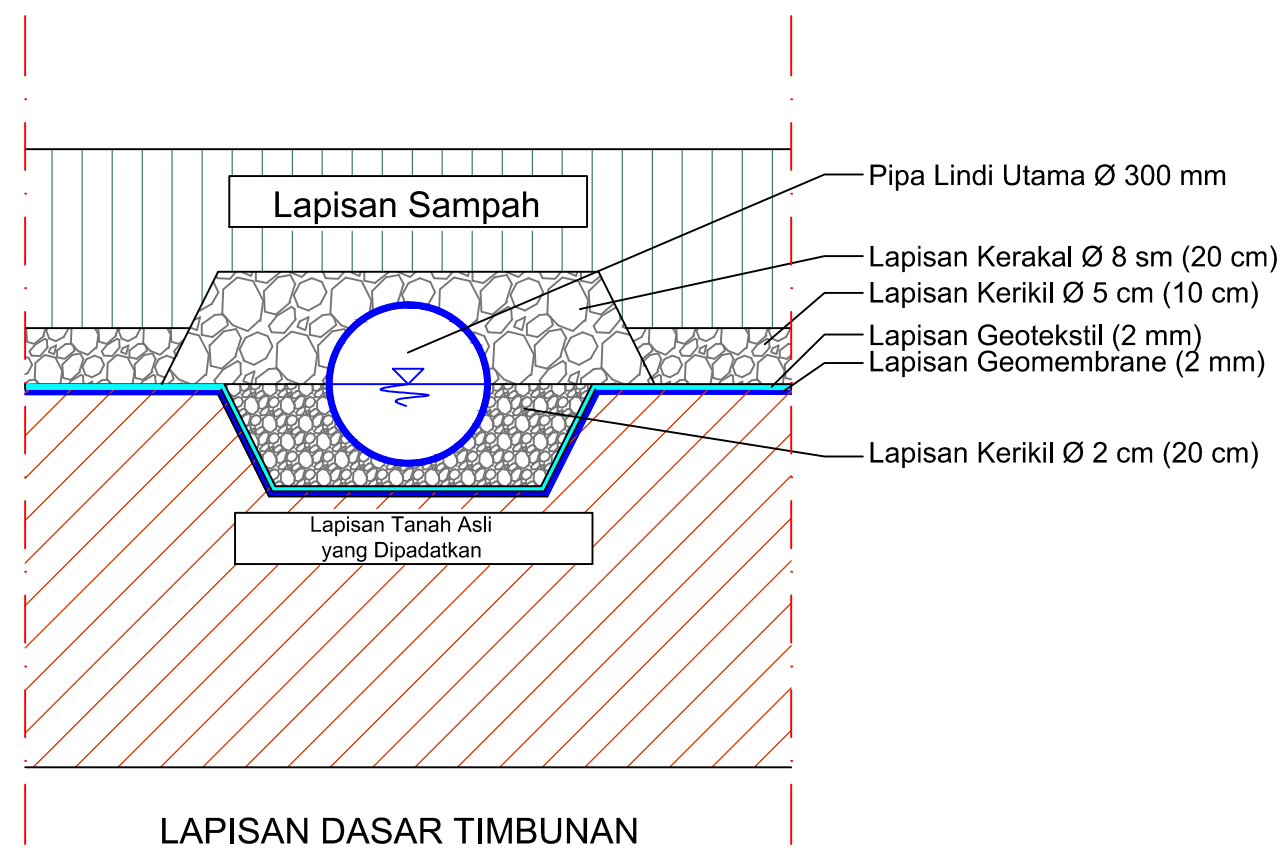
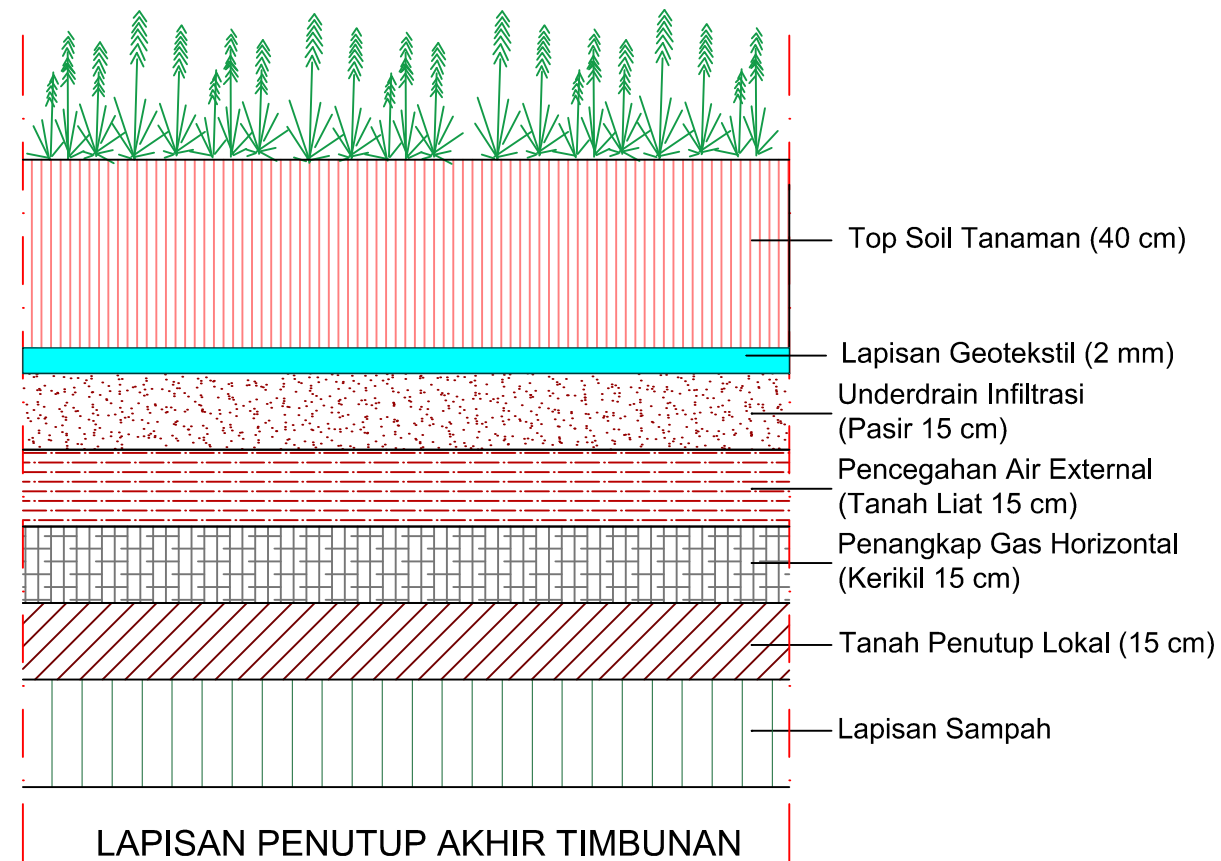
Keterangan :

Judul Gambar

Detail Lapisan Dasar Timbunan
dan Lapisan Penutup Akhir
Timbunan

Skala Gambar:

1 : 15





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

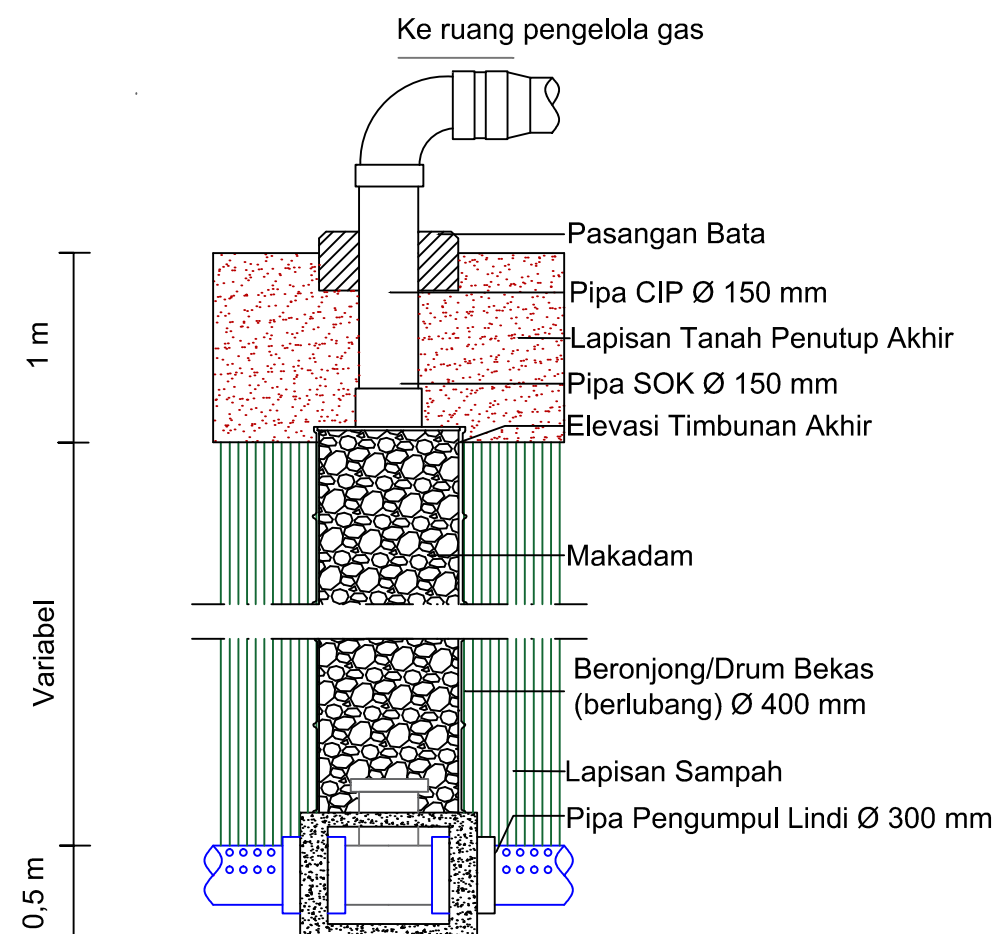
Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

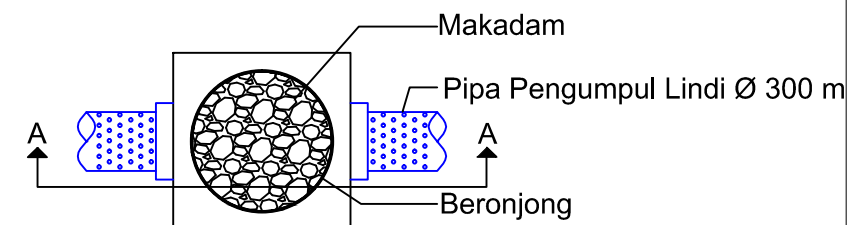
Judul Gambar

Detail Penyaluran Gas dan Lindi

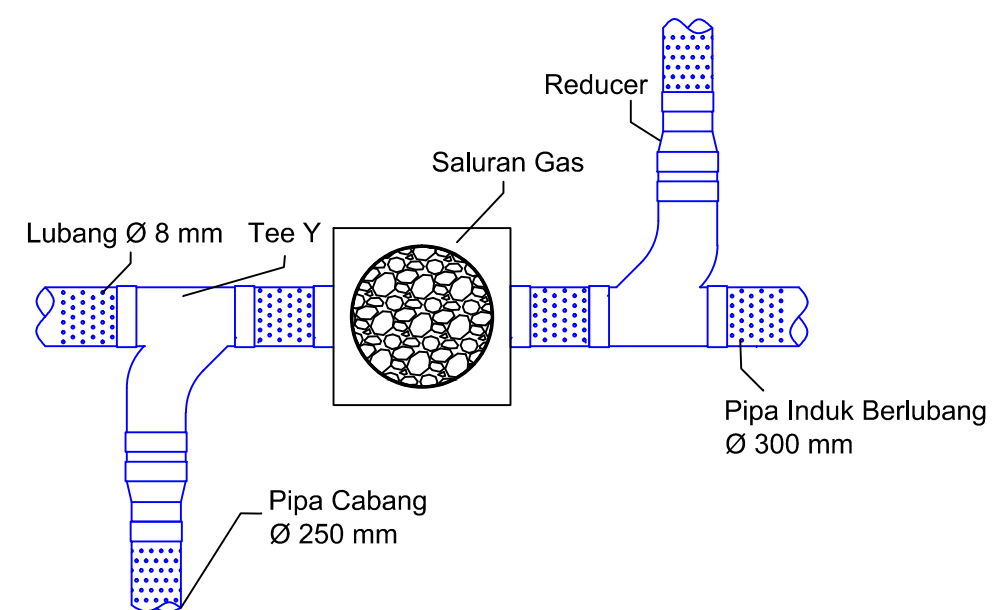
Skala Gambar:
1 : 40



POTONGAN A-A DENAH PIPA GAS



DENAH PIPA GAS



SKEMA PIPA PENGUMPUL LINDI



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

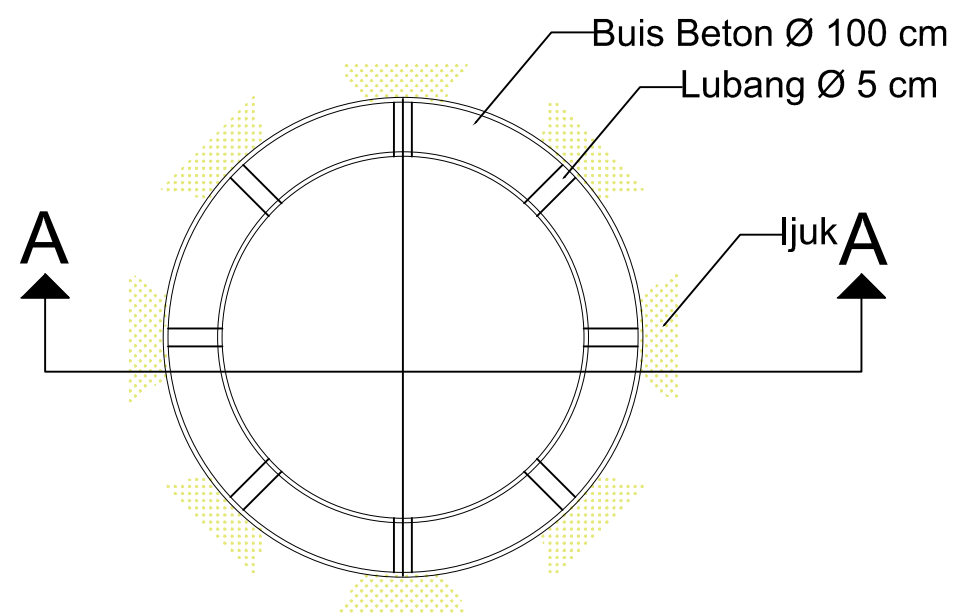
Keterangan :

Judul Gambar

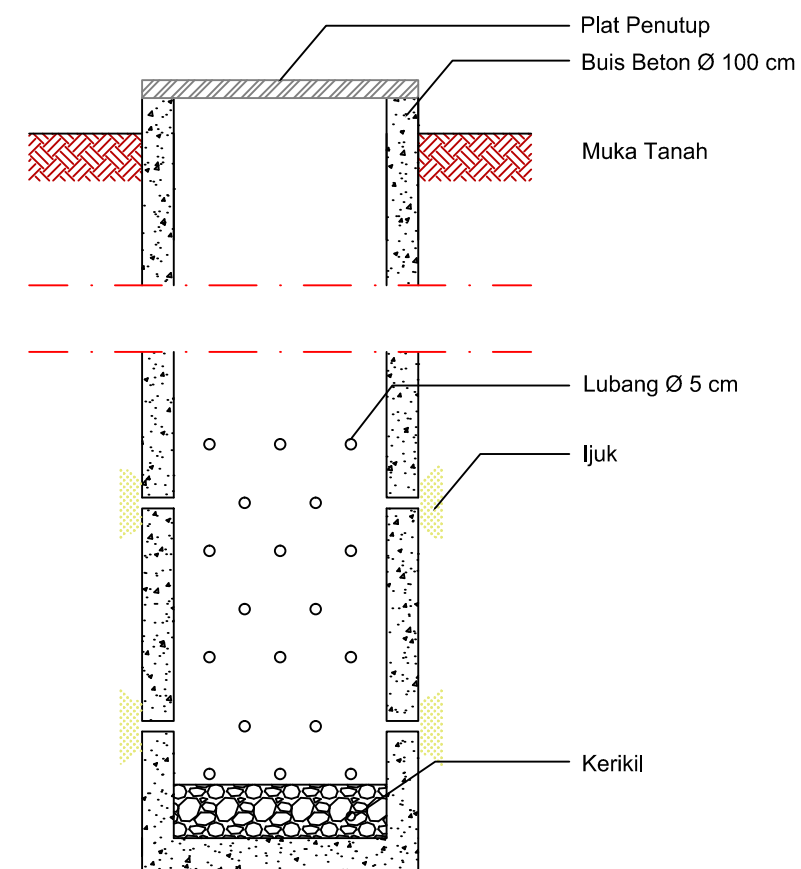
Fasilitas Perlindungan TPA
(Sumur Pantau)

Skala Gambar:

1 : 15



DENAH SUMUR PANTAU



POTONGAN A-A SUMUR PANTAU



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

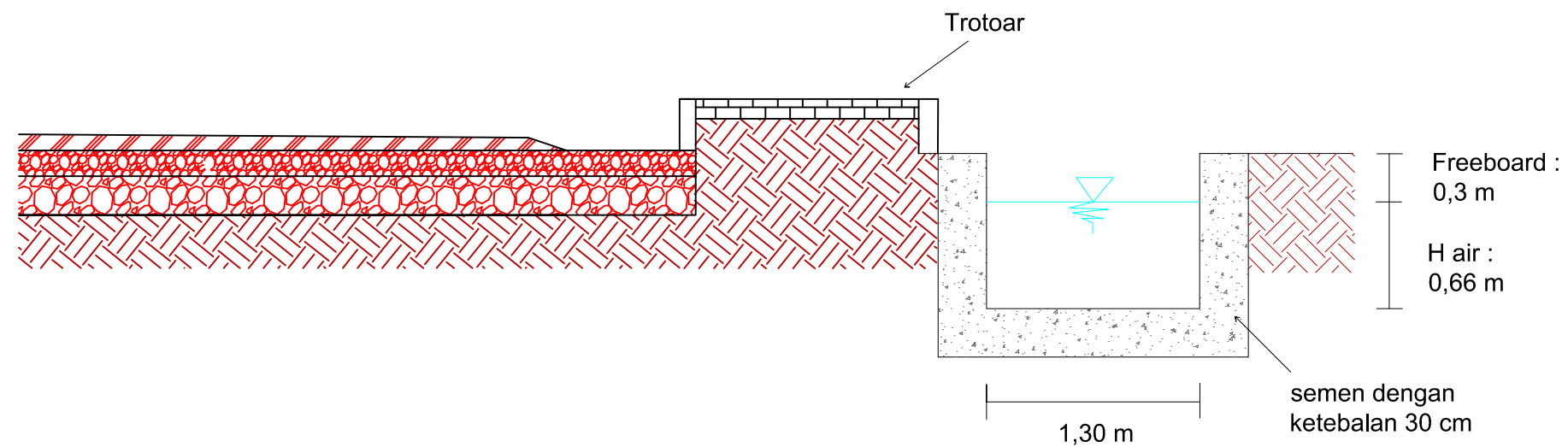
Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

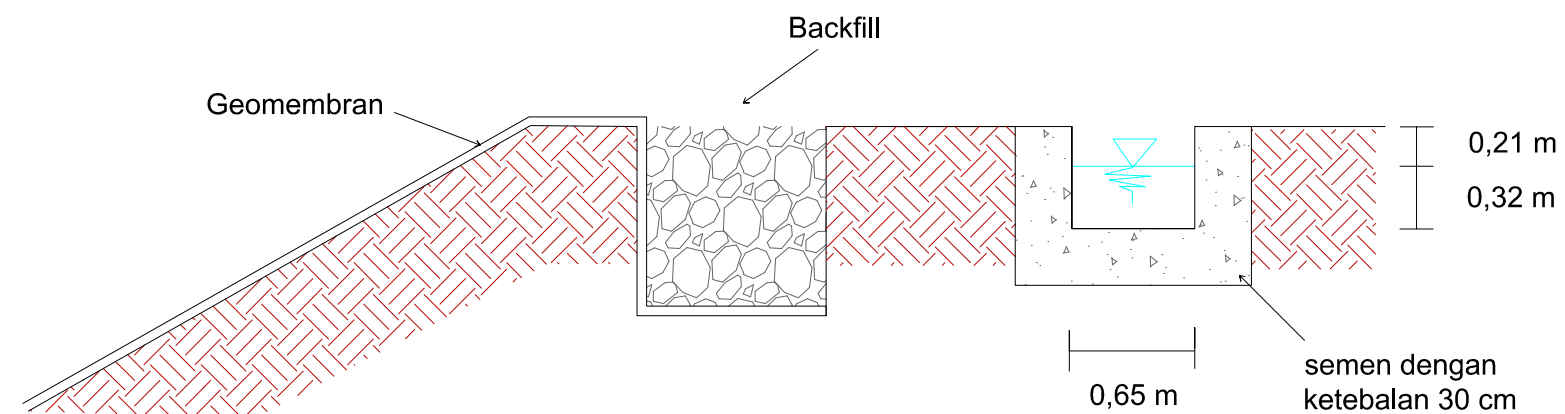
Keterangan :

Judul Gambar
Detail Saluran Drainase

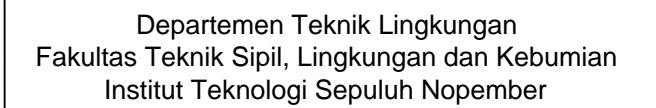
Skala Gambar:
1 : 40



SALURAN DRAINASE C3-C2
(non dumping area)



SALURAN DRAINASE A4-C7
(dumping area)



Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

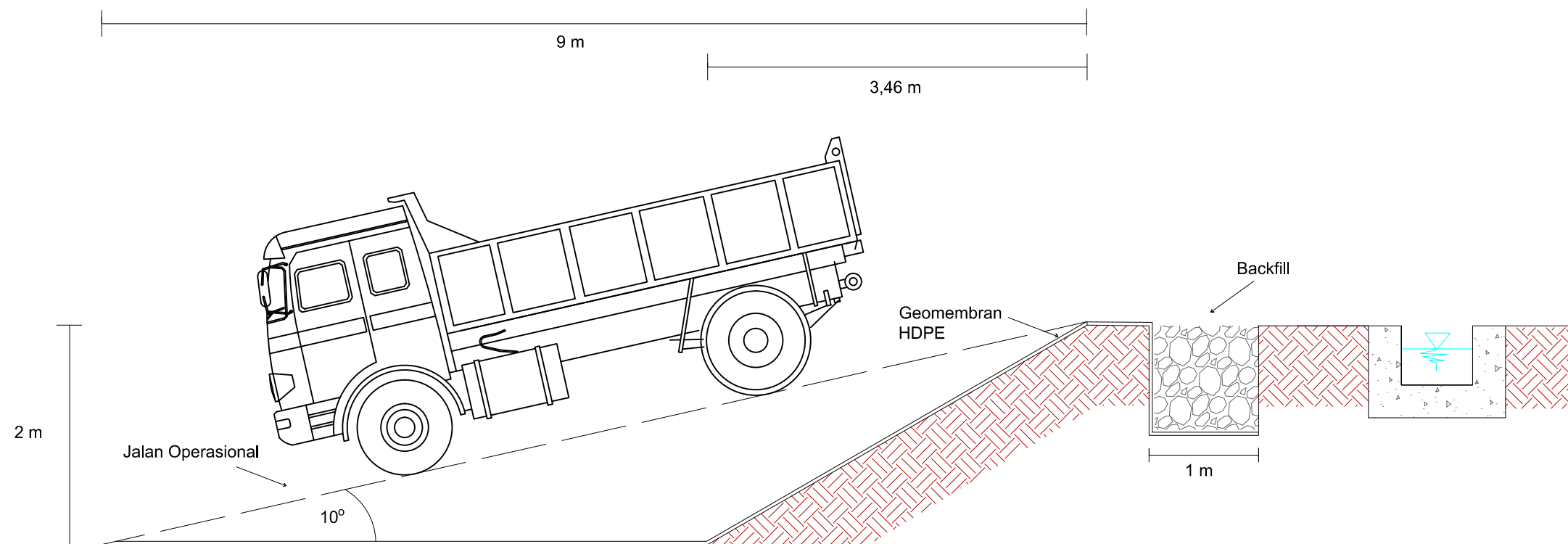
Keterangan :

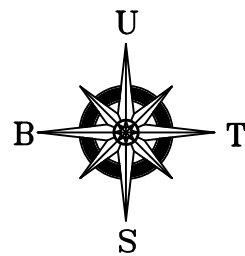
Judul Gambar

Detail Jalan Operasional

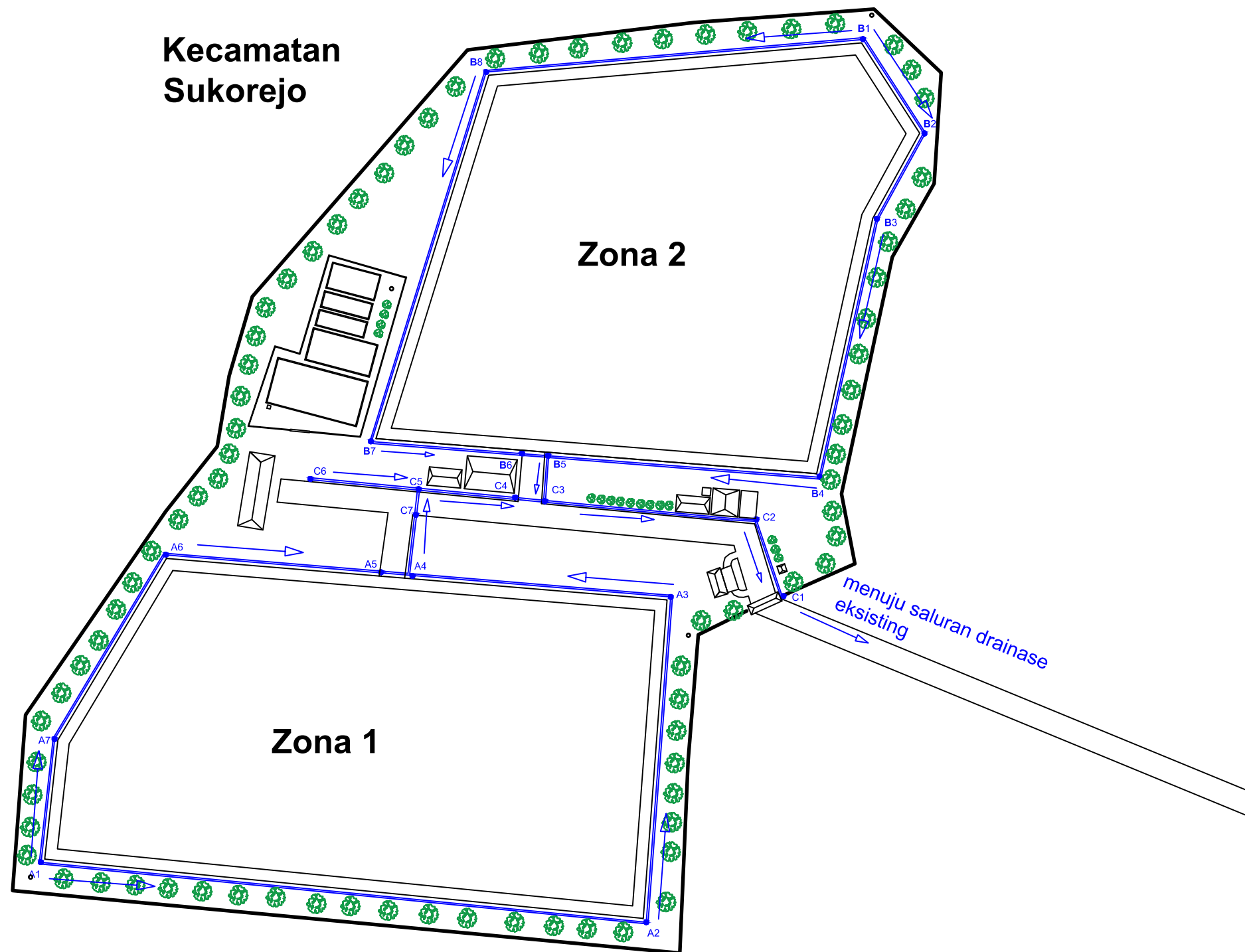
Skala Gambar:

1 : 50





Kecamatan
Sukorejo







Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

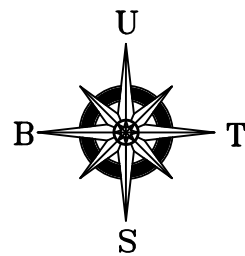
Keterangan :

-  : Pohon, Rumput
-  : Batas TPA
-  : Saluran Drainase
-  : Arah Aliran Hujan

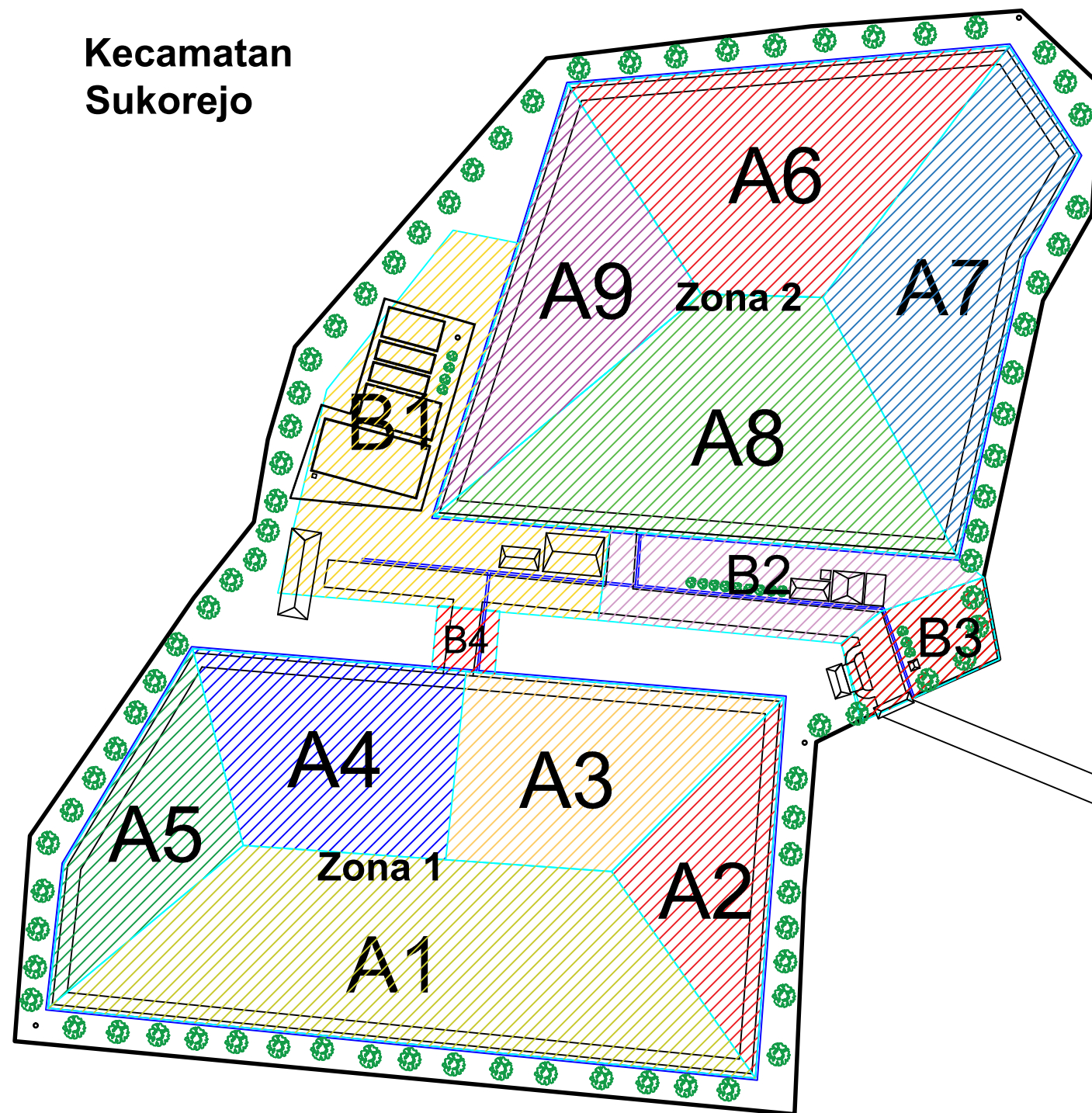
Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

Judul Gambar
Denah Saluran Drainase TPA

Skala Gambar:
1 : 1500



Kecamatan
Sukorejo



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :



: Pohon, Rumput



: Batas TPA



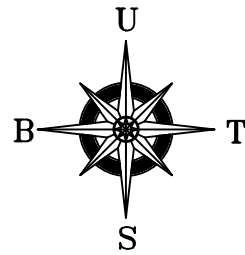
: Saluran Drainase

Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

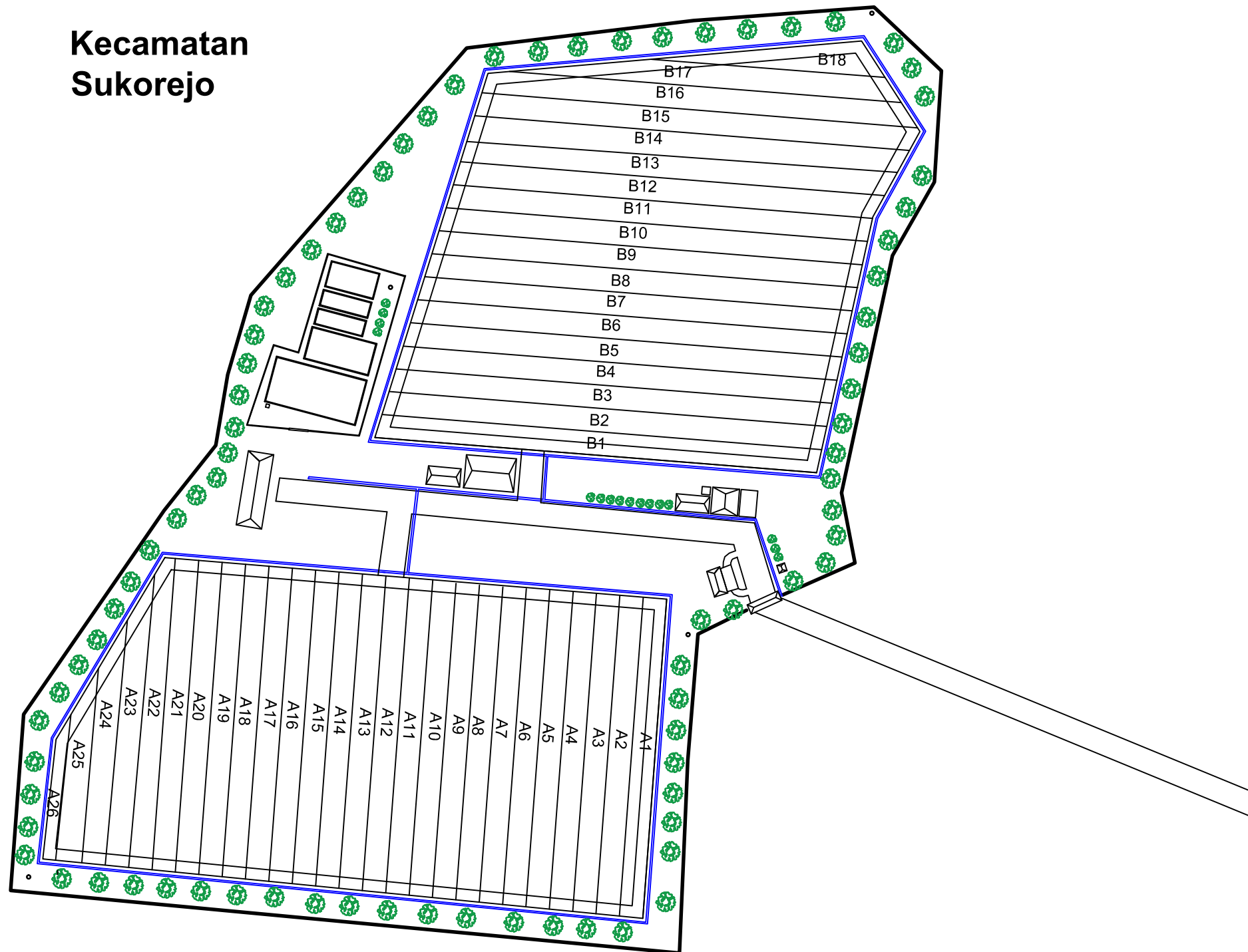
Judul Gambar

Daerah Limpasan Air Hujan

Skala Gambar:
1 : 1500



Kecamatan Sukorejo



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :



: Pohon, Rumput



: Batas TPA



: Saluran Drainase

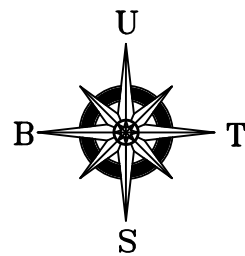
Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

Judul Gambar

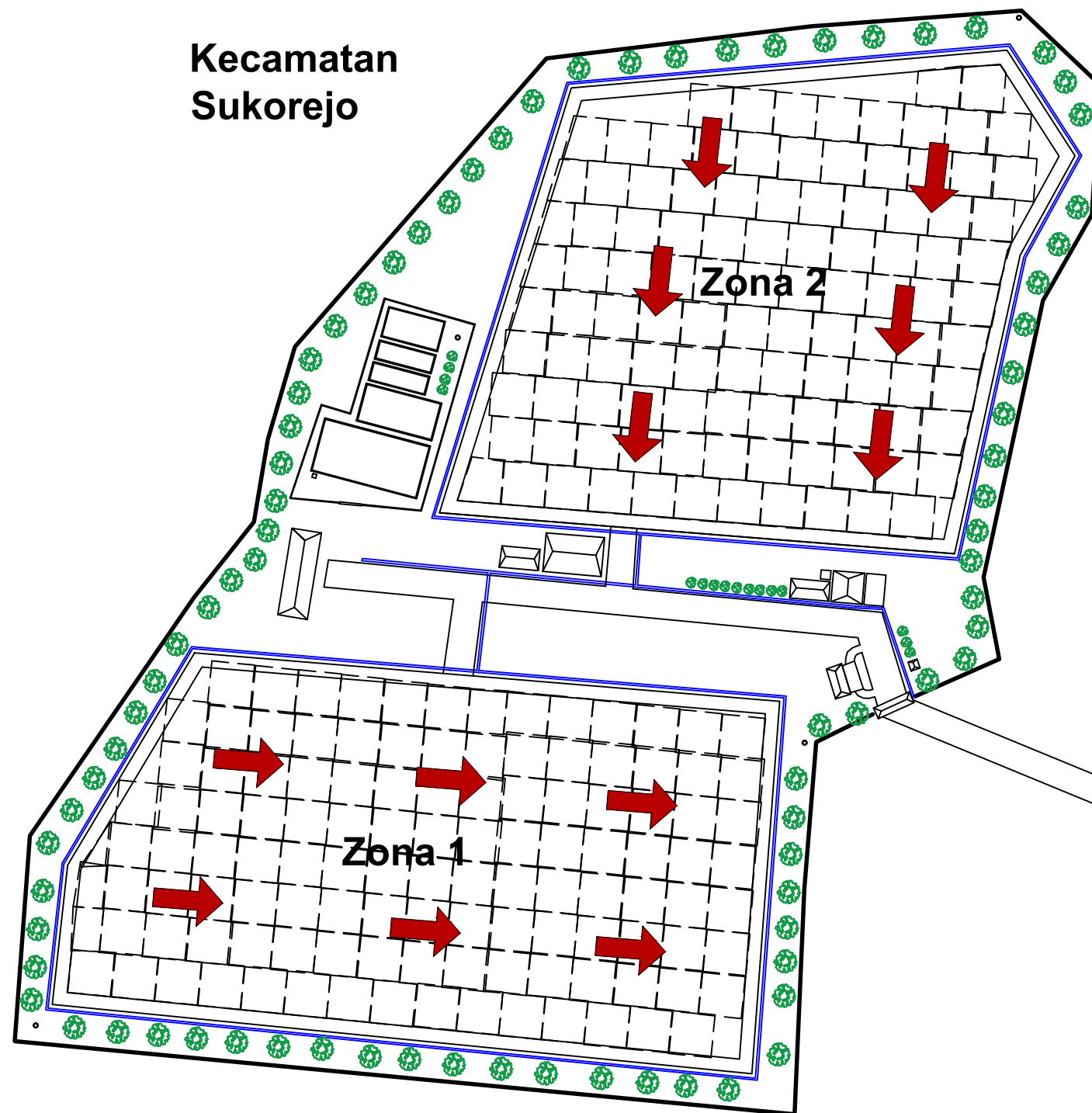
Skema Pelapisan Liner

Skala Gambar:

1 : 1500



Kecamatan
Sukorejo








Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir:
Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir
Sampah (TPA) Sampah Kabupaten Pasuruan
Dengan Metode Lahan Urug Saniter

Nama Mahasiswa
Reihan Maulana
03211440000073

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.
19560204 199203 2 001

Keterangan :

-  : Pohon, Rumput
-  : Batas TPA
-  : Saluran Drainase
-  : Arah pembuangan sampah
-  : Luas sampah tiap hari

Laju Timbulan Sampah di Zona = 140 m³/hari
Kapasitas Zona 1 = 1,6 Hektar
Kapasitas Zona 2 = 1,54 Hektar
Luas Lahan = 4,5 Hektar

Judul Gambar

Skema Pembuangan
Sampah di TPA

Skala Gambar:
1 : 1500

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Reihan Maulana, dengan nama panggilan Reihan. Penulis lahir di Bontang pada tanggal 13 Maret 1997. Anak ketiga dari 5 bersaudara ini menempuh pendidikan formal TK di TKIT Al-Auliya Kota Balikpapan, dilanjut dengan masuk SDIT Al-Auliya Kota Balikpapan selama 3 tahun dan pindah ke SDIT Lukman Alhakim Yogyakarta selama 3 tahun. Pada tahun 2008, penulis melanjutkan pendidikan di SMPIT Abu Bakar Yogyakarta. Setelah lulus SMP, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 2 Yogyakarta. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan. Tahun 2015 penulis menjabat sebagai staf Departemen Kominfo HMTL FTSP ITS 2015/2016 sekaligus menjabat sebagai staf BSO Vivat Press BEM ITS 2015/2016. Pada tahun 2016 penulis menjabat menjadi Kepala Departemen Kominfo HMTL FTSLK ITS 2016/2017. Riwayat kepantiaan penulis pada tahun 2015 berpartisipasi pada Environation 2015 sebagai staf dekorasi dan dokumentasi, dan pada 2016 penulis berpartisipasi pada Environation 2016 sebagai koordinator sie design Pada tahun 2015 penulis meraih juara 1 lomba video Communication Student Summit di Universitas Airlangga. Penulis melakukan kerja praktik di PT Pertamina EP Asset 3 Field Jatibarang. Penulis dapat dihubungi di nomor 081807576470.